



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta přírodovědně-humanitní
a pedagogická



FYZICKOGEOGRAFICKÁ ANALÝZA POVODÍ KAMENICE

Bakalářská práce

Studijní program: B1301 – Geografie
Studijní obory: 7504R181 – Geografie se zaměřením na vzdělávání (dvouoborové)
7507R041 – Německý jazyk se zaměřením na vzdělávání
Autor práce: **Michal Bicenc**
Vedoucí práce: prof. RNDr. Hubert (St.) Hilbert, Ph.D.





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
Faculty of Science, Humanities
and Education



GEOGRAPHICAL ANALYSIS OF THE KAMENICE VALLEY

Bachelor thesis

Study programme: B1301 – Geography
Study branches: 7504R181 – Geography and Geographical Education
7507R041 – German Language for Education
Author: **Michal Bicenc**
Supervisor: prof. RNDr. Hubert (St.) Hilbert, Ph.D.



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Michal Bicenc
Osobní číslo: P11000465
Studijní program: B1301 Geografie
Studijní obory: Geografie se zaměřením na vzdělávání (dvouoborové)
Německý jazyk se zaměřením na vzdělávání
Název tématu: Fyzickogeografická analýza povodí Kamenice
Zadávající katedra: Katedra geografie

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cíle:

- vliv fyzickogeografických faktorů na odtokové poměry povodí Kamenice se zaměřením na faktor georeliéfu
- hydromorfologická charakteristika vybraných parametrů vodního toku a říčního koryta Kamenice
- tvorba databáze fluviálních tvarů, pořízení názorné fotodokumentace vybraných lokalit

Metody:

- studium literatury, odborných článků a publikací, provedení terénního výzkumu a mapování říčního koryta
- fyzickogeografická analýza povodí Kamenice, morfostrukturní a morfoskulpturní analýza řešeného území
- tvorba digitálního modelu reliéfu povodí, prostorové analýzy s využitím geografických informačních technologií

Požadavky:

Cílem zadané bakalářské práce je zhodnotit vliv fyzickogeografických faktorů na odtokové poměry povodí Kamenice se zaměřením na faktor georeliéfu. Hodnocení se bude opírat o výsledky provedeného terénního výzkumu, výsledky fyzickogeografických a prostorových analýz. V rámci řešení bakalářské práce bude provedeno mapování říčního koryta a bude pořízena fotodokumentace vybraných lokalit. Výsledkem bude hodnocení odtokových poměrů na základě digitálního modelu reliéfu řešeného území.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

1. DEMEK, J., MACKOVČIN, P. Zeměpisný lexikon ČR: Hory a nížiny. Brno, Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2006
2. CHYTRÝ M., KUČERA T., Kočí M. (2001): Katalog biotopů České republiky. AOPK ČR, Praha
3. NETOPIL. R. a kol. Fyzická geografie I. 1. vyd. Praha: SPN, 1984.
4. TOLASZ, R., BRÁZDIL, R.: Atlas podnebí Česka. 1. vydání. Praha, Olomouc. Český hydrometeorologický ústav, Universita Palackého, 2007
5. TOMÁŠEK, M. (2000): Půdy České republiky. Praha, Český geologický ústav.

Vedoucí bakalářské práce:

prof. RNDr. Hubert Hilbert, Ph.D.
Katedra geografie

Datum zadání bakalářské práce: 6. prosince 2013

Termín odevzdání bakalářské práce: 25. dubna 2014



doc. RNDr. Miroslav Brzezina, CSc.
děkan

L.S.



doc. RNDr. Branislav Nižnanský, CSc.
vedoucí katedry

dne

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce prof. RNDr. Hubertu Hilbertovi, Ph.D. za vedení a za cenné rady při zpracování práce a současně také RNDr. Hubertu Hilbertovi, Ph.D. za usměrnění, týkající se zpracování údajů v GIS. Velký dík také patří pracovníkům z ČHMÚ v Ústí nad Labem za poskytnutí hydrologických dat.

Anotace:

Bakalářská práce se ve své první části zabývá fyzickogeografickou charakteristikou povodí řeky Kamenice a blíže se zaměřuje na hydrologii povodí. V práci jsou uvedeny vybrané hydrografické charakteristiky povodí. V přílohách této práce se pak nacházejí různé mapy postihující tuto část práce.

Další část práce se zaměřuje na činnost tekoucí vody a na tvary, které touto činností vznikají. V této části je podrobně popsána charakteristika a vývoj těchto tvarů.

Třetí část práce se zaměřuje na zhodnocení odtokových poměrů v rámci povodí Kamenice. K odtokovým poměrům byly sestaveny mapy zobrazující intenzitu povrchového odtoku závislou na různých složkách krajinné sféry. Hodnocení odtokových poměrů se opírá o fyzickogeografickou analýzu provedenou v úvodní části práce.

Poslední část bakalářské práce se věnuje terénnímu průzkumu v povodí, který byl zaměřen na fluvialní tvary a na změnu krajinného rázu během vývoje toku. V rámci terénního průzkumu byla pořízena fotodokumentace, která je náležitě zpracována v přílohách této práce.

Annotation:

The first part of this bachelor thesis concerns physio-geographical characteristics of the river Kamenice valley and aims at the hydrology of the river basin. At appendices of this thesis there are available different maps relating to this part of this thesis.

The other part aims at the activity of the stream and at the shapes that are created by its activity. In this part there is described the characteristics and the development of these shapes.

The third part of the thesis concentrates on the evaluation of the run-off within the bounds of the river Kamenice valley. There were created maps showing the intensity of surface running off depended on different parts of the landscape sphere, concerning the rates of the run-off. The evaluation off the run-off rates relies on the physio-geographical analysis carried on at the first part of the thesis.

The last part of the thesis is dedicated to the terrain research of the river basin, which was aimed at the fluvial shapes and at the changes of the landscapes during the development of the stream. Within the bounds of the ground research has been taken the set of photographs, which provides documentary evidence and is properly processed in the appendixes of the thesis

klíčová slova: povodí Kamenice, fyzickogeografická analýza, hydrologie, odtokové poměry, intenzita povrchového odtoku, fluvialní eroze, terénní výzkum

keywords: basin of the Kamenice river, physio-geographical analysis, hydrology, run-off, run-off intensity, fluvial shapes, terrain research

Obsah

| | |
|--|----|
| Seznam tabulek..... | 10 |
| Seznam obrázků..... | 11 |
| Seznam zkratk použitých v textu..... | 11 |
| ÚVOD..... | 12 |
| 1 GEOGRAFICKÁ CHARAKTERISTIKA POVODÍ TOKU KAMENICE..... | 13 |
| 1.1 Vymezení modelového území..... | 13 |
| 1.2 Geomorfologická charakteristika území..... | 15 |
| 1.3 Geologická charakteristika území..... | 16 |
| 1.4 Pedologická charakteristika území..... | 17 |
| 1.5 Klimatické podmínky povodí Kamenice..... | 19 |
| 1.6 Hydrogeologické rajóny v povodí Kamenice..... | 20 |
| 1.7 Biogeografické poměry povodí řeky Kamenice..... | 21 |
| 1.8 Antropogenní vliv člověka na využití krajiny..... | 24 |
| 1.9 Ochrana přírody na území povodí Kamenice | 24 |
| 2 FYZICKOGEOGRAFICKÉ ANALÝZY POVODÍ TOKU KAMENICE..... | 26 |
| 2.1 HYDROLOGICKÉ ANALÝZY..... | 26 |
| 2.1.1 Hydrografické charakteristiky..... | 26 |
| 2.1.2 Tvar povodí..... | 27 |
| 2.1.3 Charakteristika říční sítě..... | 28 |
| 2.1.4 Charakteristika reliéfu..... | 29 |
| 2.1.5 Srážkové poměry v povodí Kamenice..... | 30 |
| 2.2 GEOMORFOLOGICKÉ ANALÝZY..... | 34 |
| 2.2.1 Hlubková eroze..... | 35 |
| 2.2.2 Boční eroze..... | 35 |
| 2.2.3 Evorze a obří hrnce na Kamenici..... | 37 |
| 2.2.4 Změna krajinného rázu v závislosti na vývoji toku..... | 38 |
| 2.3 ANALÝZA ODTOKOVÝCH POMĚRŮ..... | 42 |
| 2.3.1 Hodnocení průtoků..... | 43 |
| 2.3.2 Zrnitost půdy a její ovlivnění odtokových poměrů..... | 45 |
| 2.3.1 Metoda při sestavování map odtokových poměrů..... | 47 |
| 3 TERÉNNÍ VÝZKUM A METODIKA VÝZKUMU..... | 49 |

| | |
|--------------------------------|----|
| Závěr a závěrečná diskuse..... | 53 |
| SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY..... | 55 |
| Seznam příloh..... | 59 |

Seznam tabulek

| | |
|--|----|
| Tabulka 1: slovní charakteristika klimatických regionů dle Quitta (Quitt 1971)..... | 19 |
| Tabulka 2: charakteristika klimatických oblastí dle Quitta (Quitt 1971)..... | 20 |
| Tabulka 3: využití krajiny v roce 2006 (Corine Land Cover 2006, zpracováno v ArcGIS)..... | 23 |
| Tabulka 4: charakteristika tvaru povodí (Buzek 1979, s. 36)..... | 27 |
| Tabulka 5: roční úhrny srážek. (ČHMÚ Ústí nad Labem 2014)..... | 31 |
| Tabulka 6: průměrné roční srážkové úhrny pro povodí Kamenice (ČHMÚ Ústí nad Labem 2014)..... | 31 |
| Tabulka 7: průměrné měsíční úhrny srážek za roky 2009-2013 (mm) (ČHMÚ Ústí nad Labem 2014)..... | 32 |
| Tabulka 8: hodnoty měsíčních průtoků pro stanici Hřensko (m ³ /s) (ČHMÚ Ústí nad Labem 2014)..... | 44 |
| Tabulka 9: vybrané charakteristiky půd v povodí Kamenice (rozlohy vypočteny v ArcGIS 10.2, zdroj: Kutílek 1976, s. 55, 56)..... | 46 |
| Tabulka 10: charakteristika hydrologických půdních skupin (Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd 2011)..... | 47 |
| Tabulka 11: odtokový koeficient krajinného pokryvu v závislosti na půdním druhu- podíl srážkové vody odtéká po povrchu (%) (Bedient, aj. 1988, s. 104)..... | 48 |

Seznam obrázků

| | |
|---|----|
| Obr 1: Vymezení povodí (ČÚZK 2011)..... | 14 |
| Obr 2: vymezení na ZM ČR (ČÚZK 2011)..... | 14 |
| Obr 9: zpětná eroze proudící vody- příklad kavitace (lokalita Pustý zámek)..... | 35 |
| Obr 10: Charakteristika meandru (Horník 1986, s. 60)..... | 37 |
| Obr 11: příčný profil na horním toku..... | 39 |
| Obr 12: příčný profil na středním toku..... | 39 |
| Obr 13: příčný profil na středním toku- Srbská Kamenice..... | 40 |
| Obr 14: příčný profil na dolním toku..... | 40 |
| Obr 16: pramen Kamenice na jihozápadním svahu Jelení skály..... | 49 |
| Obr 17: místo přechodu toku z lesů do neckovitého údolí..... | 50 |
| Obr 18: hluboce zaklesnuté údolí Kamenice v lokalitě Pustý zámek..... | 50 |
| Obr 19: hluboké kaňonovité údolí v lokalitě Divoká Soutěska..... | 51 |
| Obr 20: typická pobřežní vegetace luhů a olšin- Srbská Kamenice..... | 52 |

Seznam zkratk použitých v textu

| | |
|---------|---|
| aj.- | a jiní |
| ČGS- | Česká geologická služba |
| ČHMÚ- | Český hydrometeorologický ústav |
| ČÚZK- | Český úřad zeměměřičský a katastrální |
| km- | kilometr |
| m- | metr |
| mm- | milimetr |
| m n.m.- | metr nad mořem |
| s- | sekunda |
| s.- | strana |
| tzv.- | takzvaný |
| VÚVTGM- | Výzkumný ústav vodohospodářský Tomáše Garrigue Masaryka |

ÚVOD

Cílem této bakalářské práce je sestavení celkové fyzickogeografické analýzy povodí řeky Kamenice. Na základě získaných poznatků o jednotlivých prvcích krajinné sféry je zhodnocen vliv a míra vlivu jednotlivých složek krajinné sféry na intenzitu odtokových poměrů s důrazem na vliv georeliéfu.

V rámci doplnění fyzickogeografické charakteristiky území a jako podklad pro zhodnocení odtokových poměrů je v práci zahrnuta hydrografická charakteristika vybraných parametrů vodního toku a říčního koryta Kamenice.

Hodnocení odtokových poměrů se opírá o předešlou fyzickogeografickou analýzu. Odtokové poměry a jejich ovlivnění jednotlivými složkami krajinné sféry je v práci popsáno slovně a zároveň jsou k této tematice sestaveny 3 mapy zobrazující intenzitu odtokových poměrů. Mapy jsou sestaveny na základě znalostí práce v prostředí softwaru ArcGIS a konzultací s RNDr. Hubertem Hilbertem, Ph.D. Na mapách je velmi dobře vidět provázanost všech složek krajinné sféry. Kromě literatury uvedené v seznamu použité literatury byly použity data poskytnutá z Českého hydrometeorologického ústavu, konkrétně z pobočky v Ústí nad Labem. Charakteristika půdní a geologické stavby území byla sestavena na základě dat poskytnutých od České geologické služby.

Práce není pouze výsledkem práce s daty a literaturou, ale byla zhotovena také na základě terénního výzkumu. Informace získané při práci v terénu byly jedním z nejcennějších, neboť mají největší výpovědní hodnotu. Terénní výzkum v rámci bakalářské práce je zaměřen na fluvialní tvary území vzniklé činností tekoucí vody. Dále je v práci zaznamenána změna krajinného rázu na různých úsecích toku a mapována byla také pobřežní vegetace kolem řeky Kamenice.

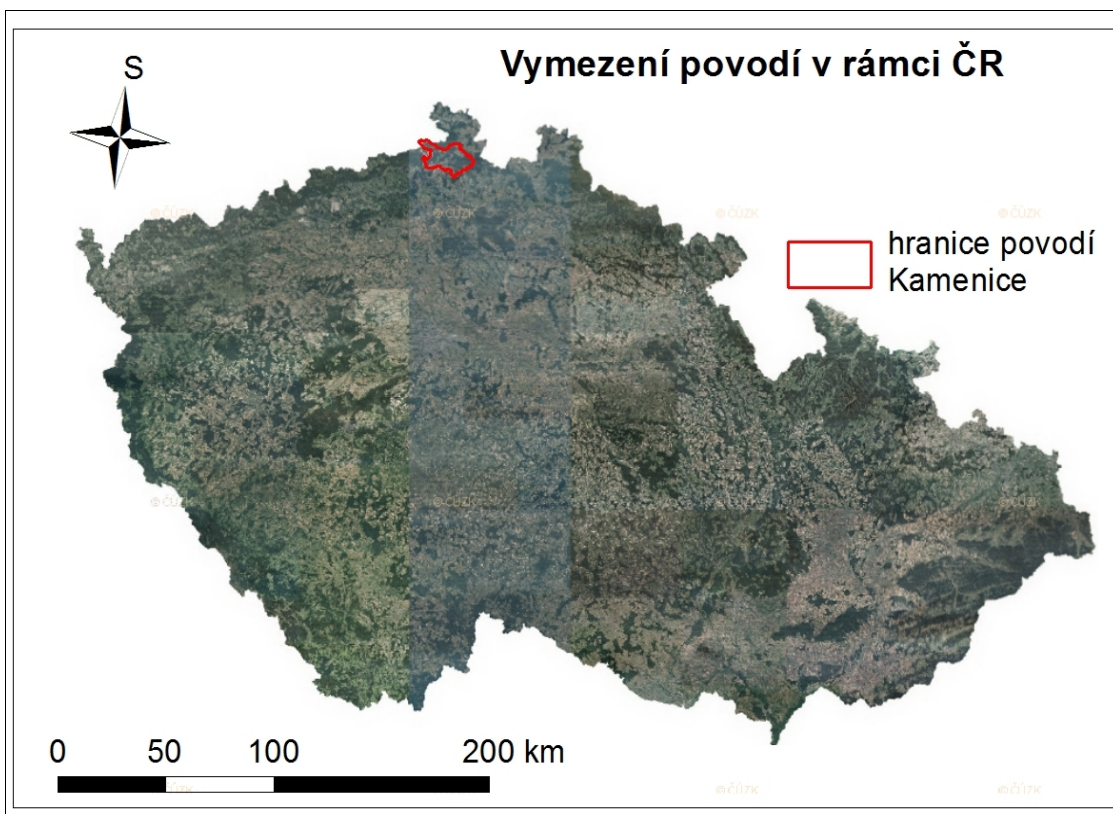
Pro větší přehlednost a názornější zobrazení zkoumaných jevů při terénním průzkumu jsou do práce zahrnuty plakáty týkající se sledovaných jevů při terénním průzkumu.

1 GEOGRAFICKÁ CHARAKTERISTIKA POVODÍ TOKU KAMENICE

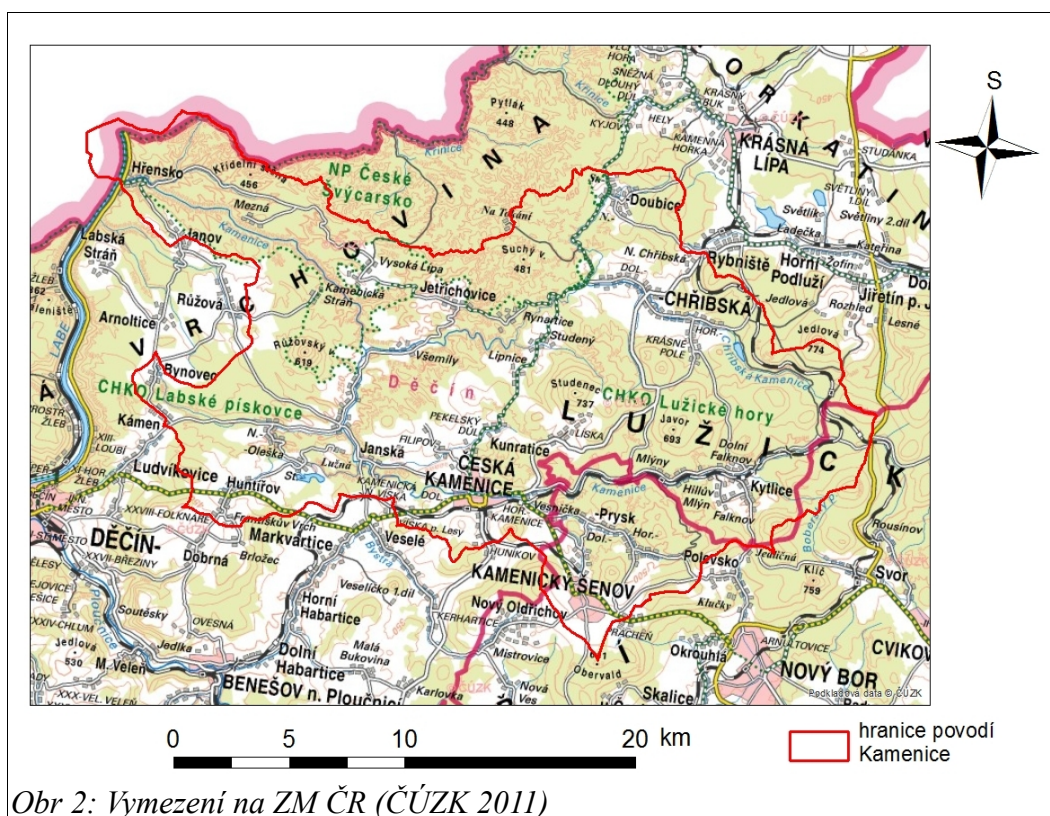
1.1 Vymezení modelového území

Povodí řeky Kamenice se nachází na severu České republiky a je dílčím povodím povodí Labe. Kamenice tedy spadá do úmoří Severního moře. Řeka Kamenice je posledním pravým přítokem na území České Republiky. Co se týče hydrologického pořadí, povodí má číslo 1-14-05 a jedná se tak o povodí třetího řádu.

Řeka Kamenice pramení v Lužických horách, a to na jihozápadním svahu Jelení skály (676 m n. m.) v nadmořské výšce 572 metrů. Tato řeka odvodňuje území o ploše 217,2 km². Kamenice je dlouhá 37,6 km (VÚVTGM 2011) a během této vzdálenosti protéká různými krajinami. Na horním toku odvodňuje svými přítoky Lužické hory, poté proplovává mírně zvlněnou krajinou okolo České Kamenice a za obcí Srbská Kamenice se tato řeka dostává do krajiny Českého Švýcarska, kde protéká pískovcovými údolími a kaňony Děčínské vrchoviny. Zde jsou známé a turisty hojně navštěvované, veřejnosti zpřístupněné soutěsky v Národním parku České Švýcarsko. Některé jsou turistům přístupné i na lodičkách. Jedná se o Ferdinandovu soutěsku, soutěsku Ve Strži, Divokou soutěsku a Edmundovu soutěsku. Po uražení necelých 38 km se Kamenice vlévá do Labe v obci Hřensko ve výšce 116 metrů nad mořem. Řeka Kamenice dosahuje ve Hřensku průměrného průtoku o hodnotě 2,65 m³.s⁻¹. Nejvyšším bodem celého zkoumaného území je Jedlová hora, která dosahuje výšky 774 metrů nad mořem. Nejnižším místem je obec Hřensko, respektive ústí Kamenice do Labe s nadmořskou výškou 116 metrů. (Vlček, aj. 1984, s. 132, 133).



Obr 1: Vymezení povodí (ČÚZK 2012)



Obr 2: Vymezení na ZM ČR (ČÚZK 2011)

Území spadá většinou své plochy do Ústeckého kraje, pouze malá část na jihovýchodě území náleží do Libereckého kraje.

1.2 Geomorfologická charakteristika území

Povodí řeky Kamenice se dá podle geomorfologického členění rozdělit na dvě části náležící do dvou různých subprovincií. V západní části povodí se jedná o Krušnohorskou subprovincii a východní část povodí spadá do Krkonošsko-jesenické subprovincie. Krušnohorská subprovincie je zde zastoupena geomorfologickým celkem Děčínská vrchovina spadající do geomorfologické oblasti Krušnohorská hornatina. Do Krušnohorské subprovincie ještě zasahuje celek České středohoří spadající do Podkrušnohorské oblasti. Krkonošsko-jesenická subprovincie je zde zastoupena celkem Lužické hory spadající do Krkonošské oblasti. Povodí je tedy rozděleno do tří geomorfologických celků.

Co se týče rozložení těchto celků v povodí, tak horní část toků povodí spadá do celku Lužické hory a západní část do Děčínské vrchoviny. Jižní část, mající nejmenší podíl na celkové ploše povodí spadá do Českého středohoří. V případě Děčínské vrchoviny se jedná o členitý reliéf převážně na kvádrových pískovcích svrchní křídý, kde v některých místech dochází k pronikání bazaltoidních hornin. Tento celek je v povodí zastoupen Děčínskými stěnami, pro něž jsou typické hluboce zaříznuté kaňony a značně členitý, denudační reliéf. Příkladem těchto charakteristik jsou skalní města (Jetřichovice) a kaňonovité údolí řeky Kamenice. Geomorfologický celek Lužické hory je plochá hornatina se střední výškou 509,2 m na kvádrových pískovcích svrchní křídý, stejně jako u Děčínské vrchoviny. Také zde dochází k průnikům neovulkanických (fonolitoidních a bazaltoidních) hornin. Lužické hory mají značně členitý erozně denudační reliéf vyzdvižený při lužické poruše. Krajinu tvoří pískovcové strukturní hřbety, do kterých se zařezávají příkré kaňonovité údolí a z této krajiny vyčnívají výrazné neovulkanické suky (Studenec- 737 m n.m., Střední vrch- 593 m n.m.). Jižní, velmi malou část povodí tvoří celek České středohoří, což je plochá hornatina, tvořená převážně třetihorními vulkanickými horninami. Tento celek do povodí zasahuje jen velmi málo. Jedná se o oblast kolem jižní hranice povodí a okolí města Kamenický Šenov a obce Prysk. Právě v této krajině se nachází hojně navštěvované zbytky čedičového suku Panská skála. (Demek, aj. 2006, s. 109, 117, 279) Jednotlivé reliéfní a erozní tvary jsou popsány níže.

1.3 Geologická charakteristika území

Povodí řeky Kamenice spadá svým geologickým složením do geologické jednotky Český masiv. Český masiv se dále dělí do pěti oblastí, přičemž povodí Kamenice spadá svou polohou do západosudetské oblasti. Český masiv je největší geologickou jednotkou na našem území a je pozůstatkem variského (hercynského) vrásnění. Tyto procesy se děly v paleozoiku v období středního devonu až svrchního karbonu, tedy v intervalu zhruba před 360 až 300 miliony let.

Většina hornin sledovaného území povodí Kamenice má však svůj původ v období druhohor, přesněji v období svrchní křídly, tedy zhruba před 80 miliony lety. Jedná se o období zdvihu mořské hladiny, kdy se velká část Českého masivu ocitla pod hladinou moře. Pod hladinou moře bylo i povodí Kamenice. Rozšíření moře je označováno jako období cenomanské transgrese. Toto zaplavení mořem trvalo přibližně 10 milionů let, a naplaveniny, které sem moře zaneslo, mají často velkou mocnost (až 400 metrů). Povodí Kamenice je z největší části tvořené právě horninami z cenomanské mořské sedimentace. Jedná se především o křemenné kvádrové pískovce.

Tato facie kvádrových pískovců tvoří linii táhnoucí se od České Kamenice přes Českou Lípou až k Mladé Boleslavi. Po ústupu moře zhruba před 85 miliony lety v období santonu zde zůstal zarovnaný plochý povrch vyplněný písčitými, vápenitými a jílovitými sedimenty. Pískovec, který je v tomto území nejrozšířenější, dosahuje mnohdy velké mocnosti, ale na druhou stranu se jedná o horninu, která podléhá hluboké erozi. Kvádrové pískovce se v krajině vyskytují jako mohutné stěny, tvořící skalní města nebo jiné skalní útvary. V povodí Kamenice jsou díky těmto úkazům turisty hojně navštěvovány právě Děčínské stěny, Jetřichovické stěny a samotné České Švýcarsko. Je nutno dodat, že pískovec je výhodný z ekonomického hlediska. Díky své propustnosti má velký význam jako zásobárna pitné vody a díky své turistické atraktivitě mohou skalní města do regionů přilákat velké množství turistů. Například skalní útvar Pravčická brána, který do této oblasti přiláká velké množství turistů, je ikonou tohoto kraje a je známý nejen v České republice. Pískovec je také hojně využíván jako stavební materiál.

Další významnou etapou pro vývoj této oblasti byly třetihory a v nich alpské horotvorné vrásnění. V daném povodí mělo toto období dopad především na oblast horního toku Kamenice, tedy na oblast Lužických hor. Tento horotvorný proces byl

doprovázen vulkanickou činností, kdy díky zlomům v zemské kůře pronikalo magma na povrch a tuhlo. Významným vulkanickým komplexem je České středohoří, ve kterém se nacházely silně explozivní vulkány. České středohoří zasahuje do povodí Kamenice jen velmi málo, a to u jeho jižní hranice. Známým útvarem patřící ještě do geomorfologického celku České středohoří je Panská skála v okolí Kamenického Šenova, u které je dobře vidět sloupcovitá odlučnost čediče. Na území Lužických hor se jedná spíše o podpovrchová tělesa, která utuhla a mnohdy byla pozdější erozí obnažena. Jedná se o velmi malé, individuálně se vyskytující lokality. Co se týče vulkanických hornin, vyskytují se zde různé formy čediče, dále znělec nebo trachyt. Při pomalém tuhnutí a ochlazování těchto hornin dochází k praskání horniny. U čediče se můžeme setkat se sloupcovitou, zatímco u znělce spíše s deskovitou odlučností. Významnou lokalitou je Zlatý vrch, kde je význačná právě sloupcovitá odlučnost olivinického čediče. Neméně významná je lokalita Pustý zámek, která je vzácná pro výskyt sloupcovité odlučnosti fonolitu.

Etapa čtvrtohor měla na toto území už jen spíše erozní vliv. Díky mrazové erozi se tu vyskytuje řada suťových a kamenných moří, ze kterých suťová pole na Studenci patří mezi ty největší. (Chlupáč 2011, s. 259-360)

1.4 Pedologická charakteristika území

Půda je velmi významným fyzickogeografickým znakem krajiny, který je značně ovlivněn okolními faktory. Díky okolnímu prostředí se půda vyvíjí, tvoří, přeměňuje a udržuje, a proto je půda vnímána jako dynamická přírodní složka krajiny. Těmito faktory jsou myšleny ostatní složky krajinné sféry, tedy biosféra, atmosféra, geosféra a hydrosféra. Neopomenutelný vliv na krajinu má člověk a jeho činnost. Pro člověka je půda nepostradatelná jako zdroj obživy a tak i antroposféra patří do krajinných složek ovlivňující půdy. Pro vznik půdy jsou důležité půdotvorné faktory (matečná hornina, podnebí, biologický faktor, podzemní voda a lidská činnost) a podmínky půdotvorného procesu (reliéf a čas).

Asi nejvýznamnějším půdotvorným činitelem je matečná hornina nebo také půdotvorný substrát. Při procesu zvětrávání matečné horniny a za působení výše uvedených činitelů se vytváří půdy. Většina území povodí Kamenice je pokryta usazenými horninami, především kvádrovými křemennými pískovci. Na půdní mapě je dobře vidět souvislost horniny a půdy. Na většině území se vyskytují podzolovité půdy.

Je to tam, kde se nacházejí pískovcové sedimenty. Dále se zde vyskytují kambizemě, pseudogleje a v menší míře gleje a fluviální půdy.

Z mapy je zřetelné, že převládajícím půdním typem jsou podzoly. Co se týče podzolů, jedná se hlavně o půdní typ vyšších oblastí. V případě povodí Kamenice se však jedná o podzol arenický, což je humusoželezitý podzol z písků v nižších oblastech, který vzniká zpravidla pod borovými doubravami. Pro podzolové půdy je typickým půdotvorným procesem intenzivní vyplavování, proces podzolizace. Podzol je půda s vysokým obsahem surového humusu, kde dochází k silným kyselým reakcím. Tato půda má velmi špatné sorpční vlastnosti a její přirozená úrodnost je také velmi nízká. Podzoly jsou půdy pod lesy a člověkem jsou využívány jako louky a pastviny.

Dalším poměrně rozšířeným půdním typem zkoumané oblasti jsou kambizemě nebo také hnědé půdy. Tyto půdy jsou typické pro vrchoviny a hornatiny s ročním úhrnem srážek mezi 500-900 mm. Tyto půdy jsou vázány často na členitý reliéf, na svahy, vrcholy hor a hřebeny. Jako matečný substrát pro tyto půdy je přiřazováno více hornin, avšak na zkoumaném území tyto půdy odpovídají především územím s vulkanickými horninami. Avšak i pískovce mohou být u těchto půd matečným substrátem. V těchto půdách dochází k intenzivnímu vnitřnímu zvětrávání a v méně členitých reliéfních podmínkách tyto půdy přecházejí v jiný půdní typ, mimo jiné i ve výše uvedené podzoly. Vlastnosti hnědých půd se mění v závislosti na matečné hornině. V povodí Kamenice se vyskytují 4 druhy kambizemí. Kambizem eutrofní vzniká na čedičích a je to středně těžká půda s vysokým obsahem humusu a dobrými sorpčními vlastnostmi. Dalším typem je kambizem dystrická, jež je typická pro svahovitý terén a pro kyselé silikátové podloží. Dalším zastoupeným půdním typem je kambizem kyselá, která se vyznačuje nízkým obsahem humusu a slabšími sorpčními vlastnostmi. Posledním typem je kambizem modální.

Další dva půdní typy, které se v území vyskytují, jsou pseudoglej modální a pseudoglej luvický. Pseudogleje jsou poměrně těžké kyselé půdy s vysokým obsahem organických látek. Sorpční vlastnosti pseudoglejů jsou slabé.

Půdní typ, který se vyskytuje v nivách vodních toků a v zamokřených oblastech je glej modální. Glej modální se vyznačuje tím, že je nebo byl v minulosti zaplavován. Ve sledovaném území se vyskytuje kolem horního toku Kamenice. Podobným půdním typem je nejméně rozšířený půdní typ v povodí a to fluvizem glejová, která se také nachází v nivách vodních toků. Je to naplavená půda, která je vývojově velmi mladá. Vyskytuje se na středním toku Kamenice. (Tomášek 2000, s. 43-60)

1.5 Klimatické podmínky povodí Kamenice

Co se týče klimatické charakteristiky území, povodí Kamenice bylo zkoumáno z hlediska Quittovy klimatické klasifikace. Podle této klasifikace spadá tato oblast ve své západní části do teplé oblasti. Jedná se o dolní tok Kamenice. Podle Quittovy klasifikace západní část zkoumaného území odpovídá svými klimatickými charakteristikami uvedenými v tabulce 3 klimatické oblasti T2. Zbytek území patří do mírně teplého klimatického regionu. Východní část území, tedy začínající pásma Lužických hor spadá do klimatické oblasti MT9. Jedná se o nejchladnější část území. Mezi těmito pásmy leží klimatická oblast MT7. Na západě území v teplé oblasti se vyskytují ještě lokality s klimatickou charakteristikou odpovídající klimatické oblasti MT2. Oblasti jsou vymezeny podle 14 klimatických charakteristik a v tabulce 4 jsou slovně popsány.

| Klimatická oblast | slovní charakteristika klimatické oblasti |
|-------------------|--|
| T2 | krátké léto, mírné až mírně chladné, mírně vlhké, přechodné období krátké s mírným jarem a mírným podzimem, zima je normálně dlouhá s mírnými teplotami, suchá s normálně dlouhou sněhovou pokrývkou |
| MT2 | normálně dlouhé, mírné, mírně suché léto, přechodné období je krátké s mírným jarem a mírně teplým podzimem, zima je normálně dlouhá, mírně teplá, suchá až mírně suchá s krátkým trváním sněhové pokrývky |
| MT7 | dlouhé léto, teplé, suché až mírně suché, přechodné období krátké s mírným až mírně teplým jarem a mírně teplým podzimem, krátká zima, mírná, suchá, s krátkým trváním sněhové pokrývky |
| MT9 | dlouhé léto, teplé, suché, velmi krátké přechodné období s teplým až mírně teplým jarem i podzimem, krátkou, mírně teplou, suchou až velmi suchou zimou, s velmi krátkým trváním sněhové pokrývky |

Tabulka 1: slovní charakteristika klimatických regionů dle Quitta (Quitt 1971)

| | Klimatická oblast | | | |
|--|-------------------|---------|---------|---------|
| Klimatická charakteristika | T2 | MT2 | MT7 | MT9 |
| Počet letních dnů | 50-60 | 20-30 | 30-40 | 40-50 |
| Počet dnů s průměrnou teplotou větší než 10 °C | 160-170 | 140-160 | 140-160 | 140-160 |
| Počet mrazových dnů | 100-110 | 110-130 | 110-130 | 110-130 |
| Počet letních dnů | 30-40 | 40-50 | 40-50 | 30-40 |
| Průměrná teplota (°C) v lednu | -2-(-3) | -3-(-4) | -2-(-3) | -3-(-4) |
| Průměrná teplota (°C) v červenci | 18-19 | 16-17 | 16-17 | 17-18 |
| Průměrná teplota (°C) v dubnu | 8-9 | 6-7 | 6-7 | 6-7 |
| Průměrná teplota (°C) v říjnu | 7-9 | 6-7 | 7-8 | 7-8 |
| Průměrný počet dnů se srážkovým úhrnem větší než 1mm | 90-100 | 120-130 | 100-120 | 100-120 |
| Srážkový úhrn (mm) ve vegetačním období | 350-400 | 450-500 | 400-450 | 400-450 |
| Srážkový úhrn (mm) v zimním období | 200-300 | 250-300 | 250-300 | 250-300 |
| Počet dnů se sněhovou pokrývkou | 40-50 | 80-100 | 60-80 | 60-80 |
| Počet dnů zamračených | 120-140 | 150-160 | 120-150 | 120-150 |
| Počet dnů jasných | 40-50 | 40-50 | 40-50 | 40-50 |

Tabulka 2: charakteristika klimatických oblastí dle Quitta (Quitt 1971)

1.6 Hydrogeologické rajóny v povodí Kamenice

Zájmové území svým územím náleží do dvou hydrogeologických rajónů. Celé povodí spadá do hydrogeologické oblasti Křída Dolního Labe. Jedná se o hydrogeologický rajón 4660, který se rozprostírá na západní polovině povodí řeky Kamenice. Na druhé polovině se jedná o hydrogeologický rajón 4650. První číslo v tomto označení, tedy 4 udává, že se jedná o hydrogeologický rajón v sedimentech svrchní křídly. Zájmové území je tedy rozděleno do hydrogeologického rajónu 4650 Křída Dolní Ploučnice a Horní Kamenice a 4660 Křída Dolní Kamenice a Křínice.

V hydrogeologickém rajónu 4650 Křída Dolní Ploučnice a Horní Kamenice se vyskytují 3 kolektory podzemních vod. Bazální kolektor A je vázán na sedimenty cenomanského stáří. Střední kolektor BC je vázán na sedimenty spodnoturonského a střednoturonského stáří. Nejsvrchnější kolektor D je vázán na sedimenty coniackého

stáří a na neovulkanity. Propustnost všech kolektorů je průlinově puklinová. Infiltrační plochy kolektorů leží mimo hydrogeologický rajón. Kolektor BC je odvodňován do hydrogeologických rajónů 4660 a 4620. Kolektor D je odvodňován do erozních bází, tedy do toků Kamenice a Ploučnice a také formou pramenů. Celkový odběr tohoto hydrogeologického rajónu je $259 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ (1987).

Hydrogeologický rajón 4660 Křída Dolní Kamenice a Křinice zahrnuje dva samostatné kolektory podzemních vod. Bazální kolektor A je vázán na sedimenty cenomanského stáří. Svrchní kolektor BC je vázán na sedimenty spodnoturonského a střednoturonského stáří. Severní hranice rajónu je vymezena z části Lužickým zlomem a z části hranicí s Německem. Tok Labe tvoří západní hranici rajónu. Propustnost kolektorů A je průlinově puklinová. Infiltrační plochy tohoto kolektoru leží mimo území a je odvodňován do míst erozní báze, do toku Kamenice a do hlavní erozní báze, do toku Labe v podobě pramenních vývěrů. Propustnost kolektoru BC je puklinově průlinová. Infiltrační plochy kolektoru leží v jeho území a je také dotován přítokem ze sousedního rajónu 4650 Křída Dolní Ploučnice a Horní Kamenice. Ke kompletnímu odvodnění kolektoru BC dochází v podobě erozní báze řeky Kamenice. Celkový odběr tohoto rajónu činí $121 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ (1987). (Olmer, aj. 1990, s. 98 - 108)

Důležitým ukazatelem v tématu podzemních vod je dlouhodobý průměrný specifický odtok podzemní vody, který je uváděný v $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$. Průměrná zjištěná hodnota dlouhodobého specifického odtoku podzemní vody na území Československa byla zjištěna na hodnotě 2 až $3 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$. Od tohoto údaje se poté odvíjí klasifikace a slovní označení pro menší území. V sledovaném území je naměřená hodnota dlouhodobého specifického odtoku podzemní vody na hodnotě $5,6 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$ (stanice Srbská Kamenice) a $6,4 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$ (stanice Všemily) a je tedy označen v porovnání s výše uvedeným průměrem jako vysoký. (Krásný 1982, s. 20 – 50)

1.7 Biogeografické poměry povodí řeky Kamenice

Povodí řeky Kamenice spadá podle biogeografického členění do hercynské subprovincie, jejíž biota je charakteristická pro západní a centrální část střední Evropy. Tato biota je ovlivněna v první řadě geologickou stavbou Českého masivu, který je z velké části pokryt křídovými sedimenty. Díky těmto sedimentům je toto území pokryto poměrně kyselými a na živiny chudými půdami. Co se týče nižšího členění,

povodí Kamenice se dělí do 3 biogeografických regionů. Největší část území, od České Kamenice na severozápad, spadá svou biotou do bioregionu 1.32 Děčínský bioregion. Na východ od Děčínského bioregionu se nachází biogeografický region 1.66 Lužický bioregion. Nejmenší část území, jižní část povodí Kamenice, spadá do biogeografického regionu 1.15 Verneřický bioregion.

Děčínský bioregion na území povodí Kamenice zahrnuje fytogeografické okresy 46c Růžovská tabule, 46d Jetřichovické skalní město a 45b Českokamenická kotlina. Lesní pokryv v tomto bioregionu činí 74% celé plochy. Mezi nejzastoupenější lesní biotop v tomto regionu patří biotop L7.3 subkontinentální borové doubravy. V menší míře se zde vyskytuje lesní biotop L5.4 acidofilní bučiny. Subkontinentální borové doubravy jsou druhově nejbohatší na borovici lesní. Dále se v nich vyskytuje dub zimní, řídčeji dub letní, dále pak bříza bělokorá a jeřáb ptačí pravý. V případě biotopů acidofilní bučiny se jedná o listnatý, popřípadě smíšený les s dominantním bukem lesním. Dalšími druhy stromů jsou například jedle bělokorá, javor klen a smrk ztepilý.

Biogeografický region Lužický region zahrnuje fytogeografický okres Lužické hory. Reliéf této oblasti se dá charakterizovat jako členitá vrchovina až plochá hornatina. Lesní plocha v tomto regionu zahrnuje 77% z celkové plochy tohoto regionu. Potenciální přirozenou vegetací tohoto území jsou květnaté bučiny. Nejzastoupenějšími lesními biotopy tohoto území jsou L5.4 acidofilní bučiny a L5.1 květnaté bučiny s dominantním bukem lesním. V oblasti se také řídce vyskytují oblasti smrčín.

Biogeografický region Verneřický region, je pro sledované území téměř nepodstatný, jelikož z něj zasahuje do povodí řeky Kamenice jen velmi malá část při jižní hranici povodí. Tento region se vyznačuje oproti výše popsaným regionům jen 31% procenty lesa na celkové ploše. Pro tento region je typické značné procentuální zastoupení travních porostů a orné půdy. (Culek 2005; Chytrý 2001)

Z výše uvedených charakteristik biogeografických regionů je zřejmé, že zastoupení lesa v povodí Kamenice je poměrně vysoké. Zastoupení lesa na celkové ploše je jedním z hlavních údajů, charakterizující povrchový odtok v závislosti na půdním složení a krajinném pokryvu. Lesnatost zkoumaného území je 67,8%. Tento údaj je z roku 2006 a zahrnuje všechny typy lesa včetně nízkého lesního porostu. Plocha o rozloze 27,5% připadá na zemědělské plochy, které zahrnují louky a pastviny, směsici luk, polí a trvalých plodin, zemědělské oblasti s přirozenou vegetací a nezavlažovanou ornou půdou. Urbanizovaná plocha, do které spadá nesouvislá městská

zástavba, silniční a železniční sítě s okolím, průmyslové a obchodní areály a sportovní a rekreační plochy, zahrnuje 3,5% zkoumaného území. Pro zbylé 1,2% nejsou data k dispozici. (zjištěno vektorizací plochy lesa z krajinného pokryvu. CORINE 2006)

Vegetace je velmi důležitým faktorem, který má velký vliv na odtok vody v povodí a režim průtoků. Jedním z nejpříznivějších druhů vegetace pro odtok vody, vláhovou bilanci je právě lesní pokryv, který je v povodí řeky Kamenice značný. V porovnání s lesnatostí celé České republiky je toto území nadprůměrné. Lesnatost ČR činí 33,9% celkové rozlohy. (Ústav pro hospodářskou úpravu lesů 2014)

| typ krajinného pokryvu | rozloha (km ²) | zastoupení na celkovém území (%) |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| <i>lesní areály</i> | 149,62 | 67,8 |
| <i>zemědělské areály</i> | 60,62 | 27,5 |
| <i>urbanizované plochy</i> | 7,82 | 3,5 |

Tabulka 3: využití krajiny v roce 2006 (Corine Land Cover 2006, zpracováno v ArcGIS)

Význam lesů pro odtokové poměry je v intercepci. Jedná se o schopnost lesů, kdy na sobě listy, větve a kmeny zadržují část srážek, které posléze podléhají výparu. Dalším důležitým faktorem jsou kořeny stromů vyčnívající na povrch v okolí kmenů. Tyto kořeny zdrsňují zemský povrch a zvyšují tak akumulární schopnost země. Voda se zadržuje mezi kořeny a lépe se tak vsakuje do země. Kořeny také umožňují zadržování opadu ze stromů, který podléhá rozkladu a vytváří lesní humus. Lesní humus má schopnost udržování vlhkosti půdy, a tím zvyšuje intenzitu infiltrace. Lesní humus má ještě jednu pozitivní vlastnost. Chrání lesní půdu v zimě před hlubším zamrznutím a tak i v zimě má lesní půda poměrně dobré infiltrační schopnosti. Lesní porost je také typický tím, že v něm v nižších rostlinných patrech a na lesní půdě dochází k menší evapotranspiraci. Ta je však kompenzována větší spotřebou vody právě lesní vegetací. Nutno dodat, že velkou roli na odtokové poměry krajiny má i člověk. Člověk díky těžbě dřeva může výrazně zvýšit odtok vody v době srážek. Těžba lesa tak může do jisté míry přispívat k častějším povodním v krajině. Člověk může odtok ovlivnit i pozitivně, zadržování vody v krajině může zajistit například vysazením nových lesů, nebo výstavbou vodohospodářských staveb. (Netopil 1984, s. 167, 168)

1.8 Antropogenní vliv člověka na využití krajiny

Vedle přírodních faktorů stojí člověk a jeho vliv na krajinu, který je minimálně stejně významný jako přírodní složky. Nejlepším způsobem jak zjistit antropogenní přeměnu krajiny v průběhu dlouhé doby jsou geobotanické mapy. Tyto mapy sledují potenciální přirozenou vegetaci určitého území. Pro sledování antropogenních změn v oblasti povodí Kamenice byla využita Geobotanická mapa Českých zemí (Mikyška 1969). Na mapě v příloze lze vidět, že potenciální přirozená vegetace povodí Kamenice se skládá především z bikových a květnatých bučin, dále pak z acidofilních doubrav a reliktních borů. Jedná se tedy ve většině o listnaté lesy. Z digitalizace mapy krajinného pokryvu z roku 2006 (CORINE 2006) bylo zjištěno, že plocha listnatých lesů v povodí Kamenice činí 13,75 km², tedy 6,20% celkového území. Lze tedy říci, že z celkové lesní plochy zaujímají listnaté lesy zhruba (rok 2006) 9,18%. Pro určení odtokových poměrů na základě odtokových koeficientů však nebyl rozlišen druh lesa, neboť tento faktor nehraje podstatnou roli. Způsoby antropogenní proměny krajiny jsou například mýcení lesa, žďáření, vypalování. (Horník 1986, s. 219, 220)

1.9 Ochrana přírody na území povodí Kamenice

Co se týče ochrany přírody a krajiny na území povodí řeky Kamenice, spadá celé toto území pod zákonnou ochranu přírody. Nejvýznamnějším velkoplošně chráněným územím v zájmovém území je národní park České Švýcarsko vyhlášený v roce 2000, jehož údělem je ochrana specifické krajiny s unikátními skalními útvary a biotopy. Jedním takovým skalním útvarem je známá Pravčická brána, která zároveň podléhá nejvyššímu stupni ochrany maloplošných území. Pravčická brána je chráněná již od roku 1963 a dnes je chráněná pod stupněm Národní přírodní památka. Na území Českého Švýcarska se nachází ještě jedna rezervace tohoto stupně ochrany. Jedná se o rezervaci na Růžovském vrchu, o Národní přírodní rezervaci Růžák, která chrání zdejší přirozenou vegetaci. Národní park České Švýcarsko se nachází u hranic se Spolkovou republikou Německo, kde přechází v NP Saské Švýcarsko.

Jižně od Českého Švýcarska se nachází CHKO Labské pískovce vyhlášená v roce 1972. Na tomto území se nachází řada přírodních památek a rezervací jako například Přírodní památka Meandry na Chřibské Kamenici nebo Pavlínino údolí. Významným

velkoplošně chráněným územím v povodí Kamenice je CHKO Lužické hory pokrývající východní část povodí. Zde se nachází také významná lokalita Zlatý vrch, čedičový kopec podléhající stupni ochrany Národní přírodní rezervace. Nachází se zde také velké množství přírodních památek a rezervací jako například znělcový ostroh v bezprostřední blízkosti řeky Kamenice Přírodní památka Pustý zámek. Posledním velkoplošně chráněným územím je CHKO České středohoří, kde nejvýznamnější a turisticky hojně navštěvovanou lokalitou je NPP Panská skála. České středohoří pokrývá jižní část povodí Kamenice. Ochrana přírody má vysoký význam pro krajinu v tom smyslu, že chrání přirozené biotopy, chrání krajinu před nadměrným zásahem lidské ruky, snaží se o zachování krajiny pro další generace. (Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky 2014)

2 FYZICKOGEOGRAFICKÉ ANALÝZY POVODÍ TOKU KAMENICE

2.1 HYDROLOGICKÉ ANALÝZY

V následující kapitole je popsána charakteristika povodí řeky Kamenice. Další část se pak věnuje hydrografické charakteristice povodí, říční sítě a koryta řeky. Nejprve je nutné vymezit pojem povodí. Povodí je základní hydrologickou oblastí, pro kterou je možné vyjádřit bilanční rovnici oběhu vody v přírodě. Bilanční rovnice vyjadřuje rovnost množství vody spadlého ve srážkách za dané období (H_S) s povrchovým odtokem a podpovrchovým odtokem (H_O), s celkovým množstvím vypařené vody- klimatický výpar (H_V) a s množstvím zadržené vody v rybnících a nádržích a vody podpovrchové (H_Z). Tato bilanční rovnice tedy vypadá následovně:

$$H_S = H_O + H_V + H_Z$$

Povodí je z hydrologického hlediska uzavřená oblast, ze které veškeré spadlé srážky na jeho území odtékají jedním závěrovým profilem. Povodí je vymezenou myšlenou čarou- rozvodnicí. Tato rozvodnice se nazývá orografická. Rozvodnice podpovrchových vod se nazývá hydrogeologická a nemusí být vždy totožná s orografickou. V předešlé kapitole věnované hydrogeologii je popsán pohyb vody v kolektorech podzemních vod, na kterých je tento fakt prokazatelný. (Dub 1957, s. 243)

2.1.1 Hydrografické charakteristiky

Povodí Kamenice má číslo hydrologického pořadí 1-14-05 a jedná se tak o povodí III. řádu. Hlavní tok povodí, řeka Kamenice, je dlouhý 37,6 km. Řeka pramení v nadmořské výšce 572 metrů na jihozápadním svahu Jelení hory v Lužických horách. Závěrový profil tohoto povodí se nachází v obci Hřensko v nadmořské výšce 116 metrů. Kamenice je posledním pravým přítokem řeky Labe v České republice.

Plocha povodí (P), kterou řeka Kamenice odvodňuje je 217,2 km². Nejvyšším bodem (H_{MAX}) v povodí je hora Jedlová v Lužických horách s nadmořskou výškou 774 metrů. Nejnižším bodem (H_{MIN}) je ústí Kamenice do Labe v obci Hřensko

s nadmořskou výškou 116 metrů. Délka orografické rozvodnice u povodí Kamenice udává obvod povodí, který j v případě zájmového území 90,68 km.

2.1.2 Tvar povodí

V souvislosti s obvodem povodí se dá charakterizovat jeho tvar. Dalším ukazatelem sloužícím k určení charakteristiky tvaru povodí je délka povodí (D). Délka povodí je spojnice ústí hlavního toku povodí a nejvzdálenějšího místa od závěrového profilu. Délka povodí Kamenice je 25,352 km. Pro charakteristiku tvaru je důležitá také střední šířka povodí \check{S}_p vyjádřena vztahem:

$$\check{S}_p = \frac{P}{D}$$

Střední šířka povodí je 8,56 km. Tvar povodí je možno charakterizovat více způsoby jako například koeficientem protažení, koeficientem asymetrie, stupněm symetričnosti, nebo Hortovým faktorem. Hortonův faktor, známý také jako charakteristika povodí nebo tvarový součinitel je vyjádřen vztahem:

$$F_H = \frac{P}{D^2}$$

Tvarový součinitel povodí Kamenice má hodnotu 0,355. Podle hodnoty F_H a plochy povodí lze určit charakteristický tvar povodí. Podle následující tabulky lze o povodí Kamenice říci, že se jedná o vějířovité povodí.

| povodí | Plocha (P) do 50 km ² | Plocha (P) nad 50 km ² |
|----------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| <i>protáhlé</i> | do 0,24 | do 0,18 |
| <i>přechodný typ</i> | 0,24 – 0,26 | 0,18 – 0,20 |
| <i>vějířovité</i> | přes 0,26 | Přes 0,20 |

Tabulka 4: charakteristika tvaru povodí (Buzek 1979, s. 36)

Povodí řeky Kamenice je povodím téměř zcela symetrickým. Plocha povodí levých přítoků činí 110 km², tudíž téměř polovinu celé plochy povodí. Tvar povodí je důležitou charakteristikou povodí, neboť má vliv na velikost průtoků při odtékání srážek.

2.1.3 Charakteristika říční sítě

Říční síť je do jisté míry charakterizována tvarem povodí. Tvar hlavního toku a jeho křivost je možno charakterizovat díky nejkratší možné délce toku, což je spojnice místa prameniště toku a závěrového profilu toku. Díky tzv. stupni vývoje toku. Nejkratší možná délka řeky Kamenice je 23,939 km. Reálná délka řeky Kamenice je 37,6 km. Podíl těchto dvou hodnot udává míru křivolakosti toku. V případě řeky Kamenice je tato hodnota rovna číslu 1,48. V případě, kdy by byla tato hodnota rovna 1, tvarem řeky by byla přímka. Čím je tato hodnota větší, tím je křivolakost větší.

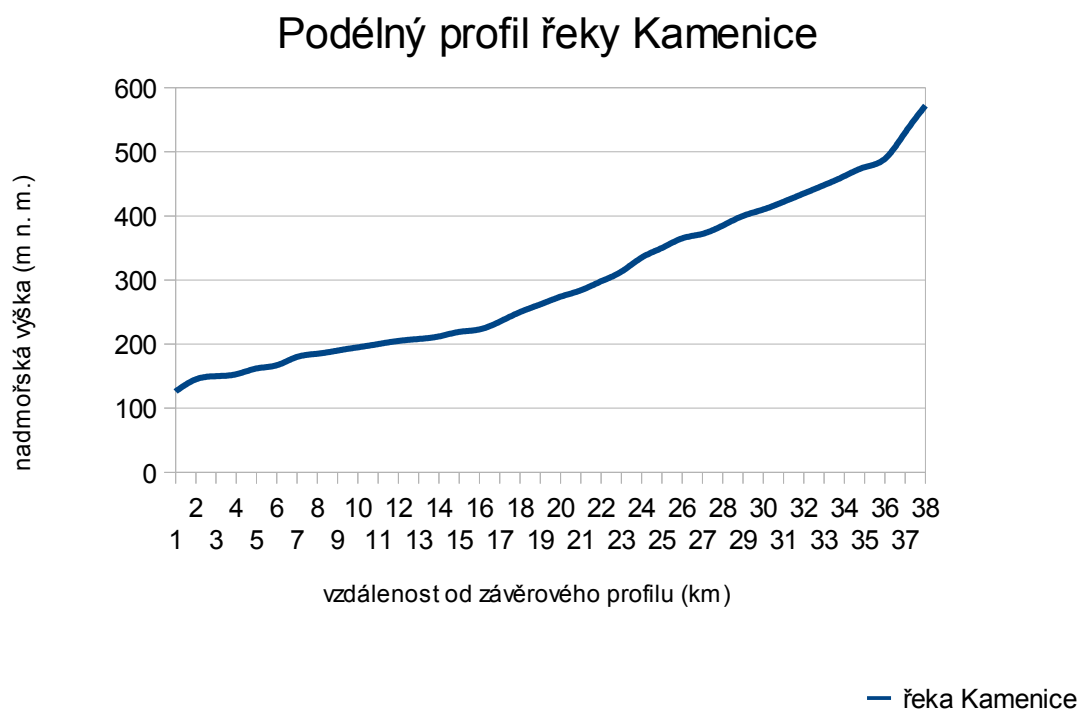
Mezi největší levé přítoky Kamenice patří Pryský potok, dlouhý 6,8 km, dále pak Olešnička nebo Bynovecký potok. Mezi pravými přítoky jednoznačně dominuje Chříbská Kamenice. Tento vodní tok je dlouhý 21,8 km s povodím o ploše 62,2 km².

Říční síť je však nejlépe charakterizována svoji hustotou. Hustota říční sítě (r) je dána podílem délek všech toků ve vymezeném území (L) k celkové ploše vymezeného území (P). Tato veličina je pak tedy dána vztahem:

$$r = \frac{L}{P}$$

Jednotkou hustoty říční sítě je km.km⁻². Celková délka všech toků v povodí Kamenice je 372,45 km. Celková hustota říční sítě Kamenice je rovna 1,69 km.km⁻². Hodnoty hustoty říční sítě pro dílčí povodí jsou znázorněny v mapě v příloze. Hodnoty v mapě naznačují, že nejvíce rozvětvené jsou toky přitékající na horním toku Kamenice, kde má říční síť také největší hustotu přesahující hodnotu 2 km.km⁻².

Řeka Kamenice pramení v nadmořské výšce 572 metrů a ústí v nadmořské výšce 116 metrů. Převýšení toku je tedy 456 metrů. V následujícím grafu je vykreslen podélný profil řeky Kamenice. Z tohoto grafu je zřetelné, že Kamenice má vcelku konstantní sklon, až na poslední přibližně 2 km od pramene, kdy během této vzdálenosti řeka překoná necelých 100 výškových metrů. Řeka Kamenice má průměrný sklon 1,21 %.



Obr 3: podélný profil řeky Kamenice

2.1.4 Charakteristika reliéfu

Pro určení odtokových poměrů a charakteristiky povodí jsou důležité výškové poměry oblasti a sklonitostní poměry. Nejvyšším bodem v území je vrchol Jedlové hory. Nejnižším bodem je ústí Kamenice do Labe. Rozdíl mezi těmito dvěma kótami činí 658 výškových metrů. Díky této hodnotě je možné vypočítat průměrný sklon povodí, kdy je tato hodnota dělena druhou odmocninou plochy území. Průměrný sklon povodí Kamenice pak odpovídá hodnotě 4,47%. Při výpočtu v programu ArcGIS je pak možné získat daleko přesnější hodnoty. Hodnota průměrného sklonu povodí Kamenice vypočítaná v prostředí ArcGIS je rovna 11,1%. Průměrnou nadmořskou výšku území je možné rovněž získat díky funkcím v ArcGIS. Průměrná nadmořská výška tohoto území je 384,37 m n. m. Sklon svahů má velký vliv na povrchový odtok srážek. V tomto vztahu platí, že čím větší je sklon svahů, tím je větší povrchový odtok. Odtok však závisí i na jiných faktorech, jako na drsnosti povrchu nebo vegetačním pokryvu.

Co se týče klasifikace svahů z hlediska geneze je toto rozdělení velmi obtížné, neboť svah je krajinný prvek, který se vyvíjí morfogenetickými procesy v průběhu mnoha milionů let. Svah se však může rozdělit do několika úseků a ty se již klasifikovat dají. Z tohoto hlediska se rozlišují dva typy svahů, jednoúsekové a víceúsekové. Jednoúsekový svah s konstantním sklonem se v přírodě vyskytuje zcela zřídka. Víceúsekové svahy většinou vypadají tak, že horní úsek má větší sklon než spodní. Horní úsek je navíc konkávního tvaru. Směrem k dolnímu úseku svahu má svah spíše konvexní charakter. Co se týče víceúsekových svahů, je zpravidla horní úsek strmější. Díky této intenzivní degradaci v horních pasážích svahů může často docházet k odkrytí skalního podloží. V dolní části pak dochází k akumulaci. Podle autorů DALRYMPLA, BLOGA a CONACHERA (1968, in S. Horník, 1986, s. 53) lze členit svah až do devíti úseků, které mají vliv na povrchový odtok. Jedná se o následující úseky- horní část svahu se sklonem 0 – 1°, kde převládá vsakování vody; úsek se sklonem 2° - 4° s převažujícím povrchovým odtokem; konkávní úsek do 45° s projevy creepu (ploužení zvětralin); následuje úsek se sklonem nad 45° s projevem modelace skalních stěn (ve značném rozsahu a převaze u kaňonovitých údolí na spodním toku Kamenice); úsek se sklonem 20°- 45° s procesem creepu, sesuvy; úsek se sklonem okolo 10°, kde převládá akumulace a rozplavování svahových sedimentů; úsek se sklonem 0 – 4°, kde dochází k usazování shora přineseného materiálu; následují úseky nad korytem řeky, kde již působí erozní činnost proudící vody a dno koryta toku, kde převládá hloubková eroze. Na intenzitu svahových odtoků tedy hrají roli, kromě dalších faktorů, délka, sklon a tvar svahu. (Horník 1986, s. 53)

2.1.5 Srážkové poměry v povodí Kamenice

Pro bližší určení a charakteristiku odtokových poměrů jsou významná data o srážkových poměrech v území. Pro území povodí Kamenice byla poskytnuta data z období mezi roky 2009 a 2013. Na území povodí Kamenice se nacházejí 3 srážkoměrné stanice. Všechny 3 stanice jsou provozovány pobočkou ČHMÚ v Ústí nad Labem. Z této pobočky byly poskytnuty údaje měsíčních úhrnů srážek po dobu 5 let ze srážkoměrných stanic Česká Kamenice (319 m n.m.), Chřibská, Horní Chřibská (440 m n.m.) a ze stanice Kytlice, Mlýny (406 m n.m.), která však svoji pozorovací činnost ukončila ke dni 31. 12. 2012. Za tuto stanici jsou k dispozici data za dobu 2009 až 2012.

Atmosférické srážky vznikají kondenzací vodních par z ovzduší. Srážky se dělí na horizontální, které vznikají kondenzací přímo na povrchu země a srážky vertikální, tedy déšť, sníh, kroupy a zmrzlý déšť, které jsou důležitějším a hlavním zdrojem vody pro krajinu. Množství srážek se vyjadřuje v mm a srážky jsou měřeny v průměrné kapalné formě. (Dub 1957, s. 57)

V následující tabulce jsou uvedeny roční úhrny srážek z výše uvedených srážkoměrných stanic.

| Úhrn srážek za rok | Srážkoměrná stanice (m n.m.) | Česká Kamenice (319) | Chřibská, Horní Chřibská (440) | Kytlice, Mlýny (406) |
|--|------------------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|
| <i>úhrn srážek za rok 2009 (mm)</i> | | 990,5 | 1035,1 | 1063,5 |
| <i>úhrn srážek za rok 2010 (mm)</i> | | 1234,1 | 1384,3 | 1345,7 |
| <i>úhrn srážek za rok 2011 (mm)</i> | | 706,1 | 916,1 | 936,1 |
| <i>úhrn srážek za rok 2012 (mm)</i> | | 900,2 | 1103,3 | 1080,7 |
| <i>úhrn srážek za rok 2013 (mm)</i> | | 998,4 | 1079,0 | chybí údaje |
| <i>průměrný víceletý průměrného za pět let</i> | | 965,9 | 1103,6 | 1106,5 |

Tabulka 5: roční úhrny srážek. (ČHMÚ Ústí nad Labem 2014)

V uvedené tabulce jsou znázorněny roční úhrny srážek a průměr těchto úhrnů za období 2009-2013. V tabulce je dobře znatelná souvislost mezi nadmořskou výškou a intenzitou srážkových úhrnů. Stanice Česká Kamenice má znatelně nižší úhrny srážek než stanice Kytlice a Horní Chřibská. Průměrný roční úhrn srážek byl vypočítán za čtyřleté období. Pro přesnější určení by byla potřeba data za delší dobu.

| období | území | povodí Kamenice |
|--|-------|---|
| průměrný úhrn srážek za rok 2009 | | 1029,7 |
| průměrný úhrn srážek za rok 2010 | | 1321,4 |
| průměrný úhrn srážek za rok 2011 | | 852,7 |
| průměrný úhrn srážek za rok 2012 | | 1028,1 |
| průměrný úhrn srážek za rok 2013 | | 1038,7 (pouze stanice Č. Kamenice a Horní Chřibská) |
| víceletý průměrný roční úhrn srážek | | 1054,1 |

Tabulka 6: průměrné roční srážkové úhrny pro povodí Kamenice (ČHMÚ Ústí nad Labem 2014)

V tabulce 8 jsou znázorněny průměrné roční úhrny srážek pro celé povodí Kamenice, vypočítané z ročních úhrnů srážek výše uvedených srážkoměrných stanic. Pro přesnější dlouhodobý roční průměrný úhrn srážek by byla potřeba data za delší časový úsek. Co se však týče souvislosti intenzity srážek s nadmořskou výškou, je tento údaj poměrně věrohodný. Průměrná nadmořská výška tří použitých stanic je 388,3 m n.m. Průměrná nadmořská výška celého povodí je 384,4 m n.m. Tyto údaje jsou natolik srovnatelné, že se průměrný úhrn srážek z těchto stanic dá aplikovat na celé povodí, i když se srážkoměrné stanice nacházejí velmi blízko sebe a vůbec se nevyskytují v západní části území. Pro přesnější údaje by bylo zapotřebí dat ze srážkoměrných stanic ležících i mimo zájmové území.

| <i>měsíc</i> | <i>stanice</i> | Česká Kamenice | Chřibská, Horní Chřibská | Kytlice, Mlýny |
|--------------|----------------|----------------|--------------------------|----------------|
| I. | | 81,8 | 99,0 | 96,4 |
| II. | | 58,3 | 69,5 | 73,9 |
| III. | | 50,2 | 62,7 | 72,8 |
| IV. | | 28,9 | 32,3 | 37,0 |
| V. | | 93,7 | 105,8 | 87,5 |
| VI. | | 114,8 | 119,1 | 82,8 |
| VII. | | 147,3 | 158,9 | 182,7 |
| VIII. | | 128,7 | 143,7 | 162,0 |
| IX. | | 68,0 | 81,5 | 75,9 |
| X. | | 60,7 | 74,2 | 64,2 |
| XI. | | 52,2 | 65,3 | 60,5 |
| XII. | | 81,2 | 91,5 | 110,9 |

Tabulka 7: průměrné měsíční úhrny srážek za roky 2009-2013 (mm) (ČHMÚ Ústí nad Labem 2014)

V tabulce 9 jsou uvedeny průměrné měsíční úhrny srážek vypočítané z měsíčních úhrnů srážek naměřených mezi roky 2009 a 2013. U stanice Kytlice, Mlýny se jedná o průměr za čtyřleté období 2009 až 2012. Z měsíčních úhrnů srážek se dá určit roční chod srážek, který ukazuje, jaké měsíce jsou v roce nejdeštivější. Graf znázorňující roční chod srážek se nachází v příloze. Roční chody jednotlivých stanic byly určeny

podle průměrných měsíčních úhrnů srážek. Průměrný roční chod srážek pro povodí Kamenice je pak určen z průměrných měsíčních úhrnů pro celé povodí.

Z grafu ročního chodu srážek v příloze lze vyčíst, že tato oblast se vyznačuje maximem srážek v letních měsících., respektive od května do září, kdy se průměrné měsíční úhrny srážek pohybují kolem 100 mm nebo více. Povodí Kamenice se dá ještě charakterizovat dvěma minimy a to na jaře, v měsíci dubnu a na podzim od října do listopadu. Poté nastává zimní období, kdy srážkový úhrn stoupá a znovu se přibližuje hodnotě 100 mm srážek za měsíc.

Výše popsany roční chod srážek se dá nejlépe zařadit do pevninského typu mírných šířek, který se vyznačuje maximem srážek v letních měsících, v důsledku intenzivní cyklonální činnosti, a minimem v zimních měsících. V sledovaném území stoupá podíl srážek i mezi prosincem a lednem, ale celkově je zimní období na srážky znatelně chudší než letní. (ČHMÚ Ústí nad Labem 2014)

2.2 GEOMORFOLOGICKÉ ANALÝZY

Tato kapitola se zabývá především popisem morfoskulpturních tvarů vyksytujících se na území povodí Kamenice. Kapitola popisuje v obecném rozsahu tvary vyskytující se na sledovaném území a následující kapitola týkající se terénního průzkumu se pak zabývá konkrétními příklady těchto tvarů z terénu.

Voda je velmi významným činitelem ovlivňující charakter krajiny a tvar reliéfu. Jedná se především o vodu z atmosférických srážek a o vodu roztátou ze sněhové pokrývky. Další faktory, které podporují a ovlivňují erozní činnost vody jsou sklon reliéfu, vegetační pokryv, charakter podloží a pedologické poměry. Voda při stékání po reliéfu unáší materiál, který se sám obrušuje a zároveň obrušuje povrch a vytváří tak koryto toku. Eroze způsobená tekoucí vodou se nazývá fluviální eroze. Faktory ovlivňující průběh a působení fluviální eroze jsou rychlost proudící vody, která závisí na sklonu koryta a jejím množství. Důležitý je také charakter pohybu vody, například turbulentní pohyb vody působí na charakter toku jinak než zpětný pohyb vody. Velikost a charakter unášeného materiálu a odolnost podloží. Řeka zaklesnutá do skalního podloží se modeluje pomaleji než tok v aluviálních sedimentech. Dalším důležitým faktorem je pak tvar břehu. Rovné koryto je modelováno hůře než koryto se zářezy a zákruty.

Erozní činnost proudící vody se rozlišuje podle směru erozního působení. Ve směru vertikálním se jedná o hloubkovou erozi vody a ve směru horizontálním o boční erozi. Boční eroze působí hlavně na břehy, tvaruje je a podemílá. Hloubková eroze prohlubuje koryto řeky v závislosti na litologii dna koryta a na množství unášeného materiálu. Obrušující činnost unášeného materiálu se nazývá abrazní činnost. Proudící voda může také působit ve zpětném směru. Pak se jedná o zpětnou erozi. Eroze způsobená vířící vodou se nazývá evorze. V důsledku evorze vznikají tzv. obří hrnce, což jsou kruhové prohlubně v korytě řeky. (Horník 1986, s. 58, 59)

2.2.1 Hloubková eroze

Projevování hloubkové, respektive zpětné eroze se také výrazně projevuje v oblasti výskytu vodopádů. Pod vodopádem vzniká prohlubeň, kde dostává voda zpětný pohyb a podemílá koryto v zpětném pohybu. Při zpětné erozi u vodopádů dochází k tzv. kavitaci, kdy se z koryta vytrhávají a uvolňují skalní úlomky. Na řece Kamenici byl takový případ objeven při terénním průzkumu mezi 25. a 26. km od ústí Kamenice v oblasti Pustého zámku.



Obr 4: zpětná eroze proudící vody- příklad kavitace (lokalita Pustý zámek)

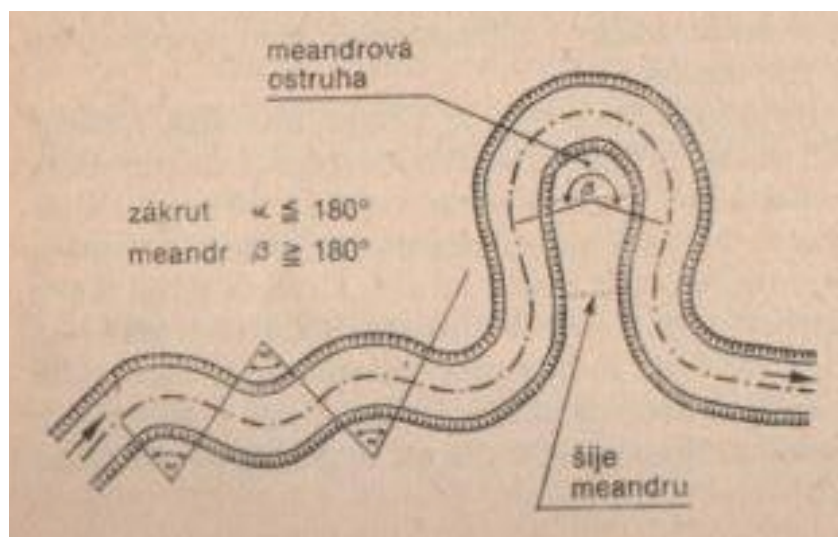
2.2.2 Boční eroze

Boční eroze je typickým jevem pro střední část toku, kde se rozšiřuje koryto řeky a formuje se údolí. Vodní tok působí svou energií na břehy koryta, břehy v důsledku toho ustupují, brousí se a koryto se tak rozšiřuje. V důsledku působení boční eroze může na břehu docházet k sesuvům, které poté narušují a mění charakter toku. Zároveň se ale sesuvem zvyšuje odolnost břehu vůči erozi. Boční eroze tekoucí vody působí i v místech, kde je břeh koryta skalnatý. I v tomto případě dochází k nerovnoměrnému porušení skály, vedoucí někdy až k odtržení větších či menších skalních bloků. V takovémto případě však závisí intenzita eroze na charakteru, na odolnosti horniny. Formování a ústup břehů je daleko intenzivnější a rychlejší v aluviálních sedimentech

než ve skalních korytech. K nejintenzivnější erozní činnosti v korytě dochází při zvýšeném vodním stavu. Po povodních se často výrazně mění charakter koryta toku.

Intenzita eroze je podmíněna tvarem koryta. V případě zcela rovného koryta v podstatě nedochází k boční erozi, ale hlavně k hloubkové. Takové případy jsou však zcela výjimečné a typické jsou spíše pro dolní toky velkých řek. Zákruty a záhyby koryta jsou podnětem podporující boční erozi. Mezi další případy kdy se tok vychyluje, je například působení přítoku. V místě ústí jiného toku se hlavní tok vychyluje a je odkloněn k protilehlému břehu, který se tak formuje a může zde vzniknout nový zákrut. Dalším případem je vznik nového sesuvu, který také mění trajektorii toku a tím se dochází na protilehlém břehu k erozní činnosti.

Při vychýlení proudnice začne jeden břeh značně podléhat erozi. Tento břeh je označován jako nárazový. Na protější straně se vytváří nánosový břeh. Nárazový břeh je většinou vyšší a strmější. Protější nánosový břeh je mírnější a nižší. Často dochází ke střídání těchto úseků. Poté co se proudnice odrazí od nárazového břehu, směřuje k opačné straně koryta a u ní znovu opracovává nárazový břeh. Takovéto střídání má za následek vytváření pravidelného zvlnění koryta. Vznikají takzvané meandry a meandrové pásy. Příčný řez meandru je asymetrický. Jeden břeh (nánosový nebo také konvexní) je pozvolný a často doplněn o sedimentační materiál. Nahromaděný val ze sedimentů, které vystupují nad hladinu toku. Jedna se o tvar v meandru u konvexního břehu, který způsobuje zúžení koryta toku a tím tak zvýšení rychlosti toku a tedy i silnější působení tekoucí vody na protější konkávní břeh. Nárazový břeh (konkávní) na druhé straně je strmější a neustále se prohlubuje. Pro označení nárazového břehu se někdy používá označení výsep a pro nánosový břeh jeseň. Při prohlubování meandru může ve finální fázi dojít k protržení šíje (nejužší část meandru) a tak k narovnání toku. Tato fáze se nazývá zaškrvení meandru. Poté se ze zbylé části meandru vytváří slepé rameno, které je zcela oddělené od řeky, nebo vznikne tzv. okrouhlík, což je ostrůvek zbylý po meandru, který je obtékán řekou z obou stran. Co se týče přesné charakteristiky meandru, podle Horníka (1986) je odlišen od zákruty úhlem α , který udává sevření zákruty na korytě toku. Přesahuje-li tento úhel 180° jedná se pak o meandr nikoliv o zákruty.



Obr 5: Charakteristika meandru (Horník 1986, s. 60)

Činnost boční eroze vodního toku je nebezpečným procesem zvláště v době vyšších vodních stavů, kdy může docházet k sesuvům břehů. Kvůli tomu dochází často k antropogennímu zásahu do koryta toku. Jedná se především o místa, kdy řeka protéká zastavěnými plochami nebo protéká v blízkosti komunikací. Poté je pak nutné břehy zpevňovat a erozi tak do jisté míry regulovat. Na příkladu meandrů je dobře vidět, jak dynamickou složkou krajiny voda a řeka je. Díky vytváření meandrů se může zásadně zvýšit délka toku a jeho zaškrcením se zase může znatelně tok zkrátit. Boční eroze je také často podnětem ničení pobřežní vegetace v důsledku sesuvu břehu a s ním i vegetace. (Horník 1986, s. 58-63)

2.2.3 Evorze a obří hrnce na Kamenici

Evorzní činnost proudící vody je erozní činností proudící vody doplněná vířivou (turbulentní) činností toku. Nejtypičtějším tvarem vzniklým tímto typem eroze je obří hrnec. Jedná se o prohloubeniny nevelkých rozměrů ve skalním podloží nebo v blocích. Obří hrnce dosahují průměru od několika centimetrů do několika metrů. Obří hrnce se dělí podle svého tvaru na miskovité, kuželovité, válcovité a nepravidelné obří hrnce. Podle půdorysu se dělí na eliptické, kruhové a nepravidelné. Dále se sleduje, zda-li je hrnec vyplněn štěrkem či pískem nebo je-li bez výplně. Mezi nejvýznamnější lokality v České republice, co se týče výskytu obřích hrnců, je řeka Mumlava v Krkonoších a řeka Vydra na Šumavě, kde se vyskytuje velké množství obřích hrnců velmi velkých rozměrů.

Na řece Kamenici se obří hrnce vyskytují na dolním toku mezi říčním km 7,1 a 1,9. Jedná se o lokality Ferdinandova, Divoká a Tichá soutěska. Na řece Kamenici se vyskytuje dohromady 92 obřích hrnců, z čehož se jich nejvíce vyskytuje mezi říčním km 6,1 a 5,8. Jedná se o Divokou soutěsku s 31 obřimi hrnci. Z celkového počtu se v oblasti vyskytuje nejvíce hrnců s rozměrem mezi 10 a 50 cm. Nacházejí se zde pouze 2 hrnce s rozměrem větším než 100 cm.

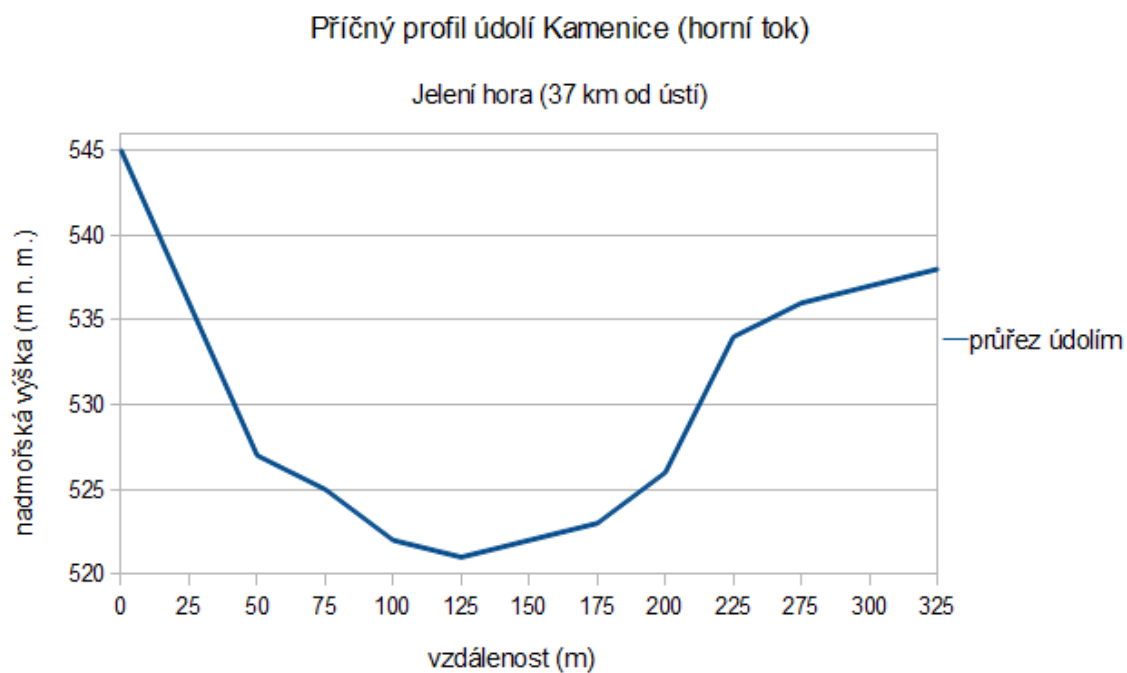
Na dolním toku řeky Kamenice se vyskytuje v řečišti řada balvanů a bloků, které podporují turbulentní činnost proudící vody tím, že vychylují proudnici a tím podněcují vířivé proudění. Fakt, že ve více než 70 ze všech obřích hrnců je vyplněno štěrkem nebo pískem poukazuje na současný vývoj těchto tvarů. Na intenzitu vytváření obřích hrnců má značný vliv sklon koryta. Čím větší sklon, tím dostává proudící voda větší energii a tím značnější je její erozní činnost. Nutno dodat, že výše uvedené počty a statistické údaje týkající se mapování evorzních tvarů na řece Kamenici pocházejí z roku 1974 a proto je možné, že se do té doby vytvořily další tvary. Během této doby, především během posledních 10 let došlo mnohokrát ke zvýšení průtoků a vodních stavů, což značně přispívá k erozní činnosti. (Balatka, aj. 1977, s. 67-71)

2.2.4 Změna krajinného rázu v závislosti na vývoji toku

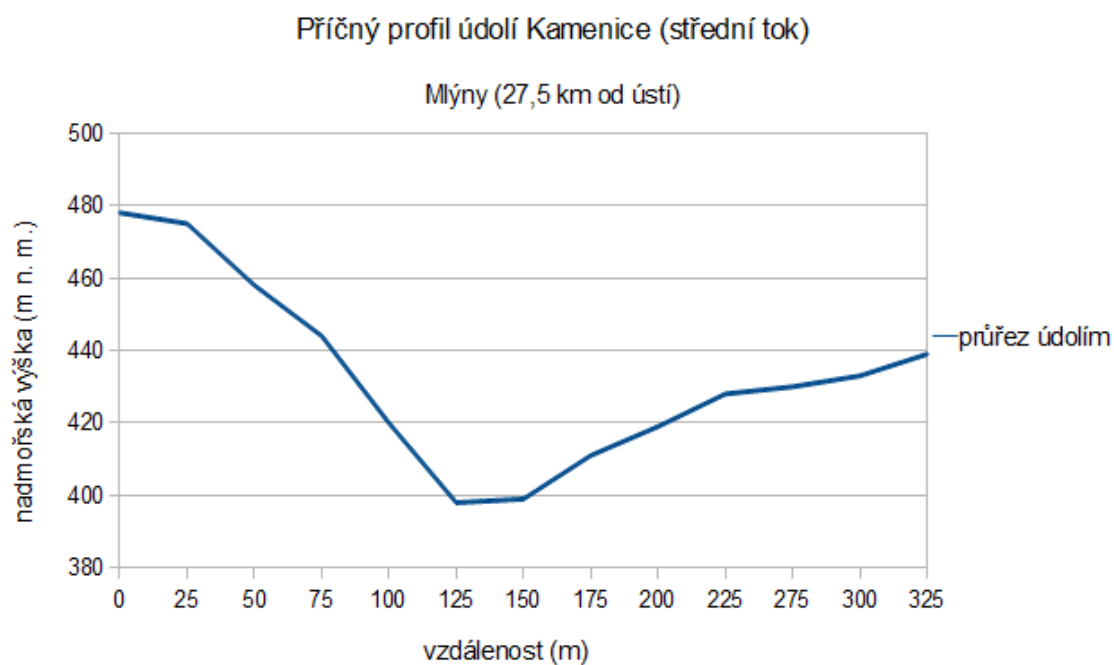
Jak již bylo zmíněno výše, koryto řeky a údolí je modelováno proudící vodou a unášeným materiálem. Intenzita této erozní činnosti je závislá na sklonu toku, tedy na rychlosti proudící vody a na množství vody v korytě řeky. V důsledku působení erozní činnosti proudící vody se nevyvíjí pouze koryto řeky, ale modeluje se celé údolí. Tok je možné rozdělit do zpravidla do 3 částí podle charakteru řeky, tedy podle spádu nebo podle typu údolí.

Na základě podélného profilu toku, sestaveného v prostředí ArcGIS je možné pozorovat, že sklon řeky se od pramene postupně snižuje. Na podélném profilu je také poměrně dobře rozeznat 2 místa změny sklonu toku. Jedná se přibližně o 16. km ve směru od ústí Kamenice do Labe. Druhým místem je přibližně 36. km, tedy zhruba 2 km od pramene toku. Řeka se tedy tímto způsobem dá rozdělit do tří úseků respektive na horní, střední a dolní tok. Na následujících grafech jsou uvedeny příčné profily údolími řeky Kamenice na těchto 3 úsecích. Pro sestavení profilu byla zvolena vždy stejně dlouhá úsečka, aby tak vynikl rozdíl mezi krajinným rázem na jednotlivých

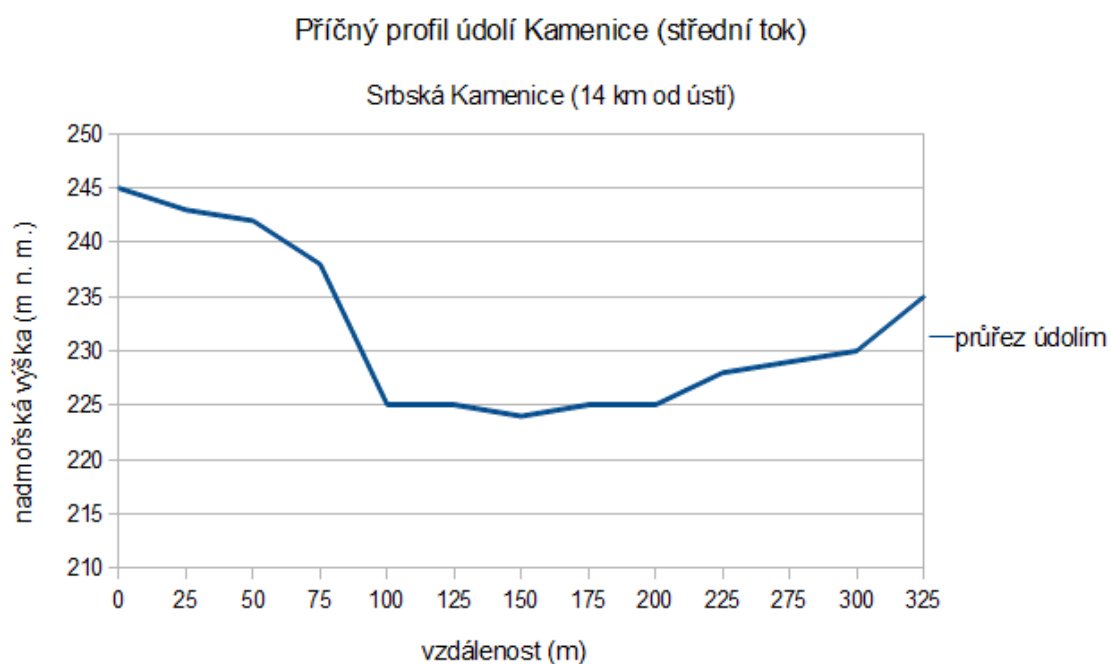
úsecích. Pro střední tok byla zvolena dvě místa pro příčný průřez, neboť krajinný ráz středního toku není zcela jednotný.



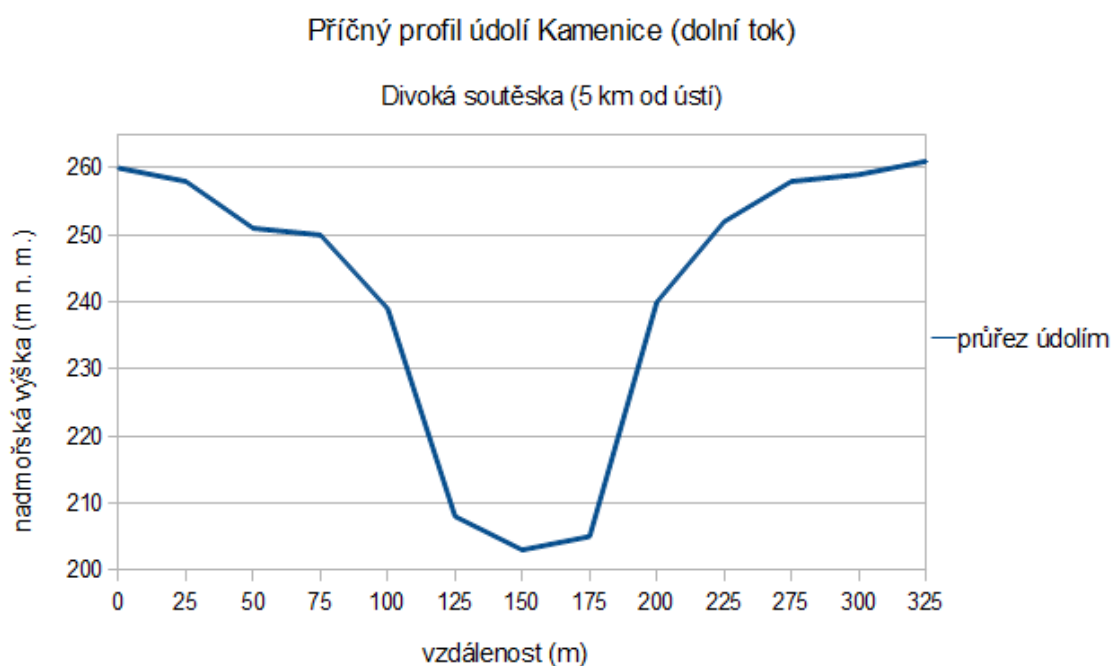
Obr 6: příčný profil na horním toku



Obr 7: příčný profil na středním toku



Obr 8: příčný profil na středním toku- Srbská Kamenice



Obr 9: příčný profil na dolním toku

Horní tok Kamenice se dá charakterizovat poměrně vysokým sklonem a údolí na tomto úseku má tvar nejvíce se blížící údolí tvaru písmene V. Toto poměrně široce rozevřené údolí je výsledkem rovnováhy boční eroze s vývojem svahu. Tento úsek je

velmi krátký a přibližně po 4 km se řeka vtéká do neckovitého údolí, které se spolu s krátkými úseky říčního údolí tvaru V střídá až k České Kamenici. Toto poměrně široce rozevřené údolí je výsledkem rovnováhy boční eroze s erozí hloubkovou. Neckovité údolí je k vidění na grafu 2. Neckovité údolí je typické poměrně širokým rovným dnem avšak poměrně strmými někdy i skalnatými svahy. Z grafu je zřejmé, že šířka dna přesahuje 50 metrů. V údolí tohoto typu převládá znatelně boční eroze nad hloubkovou a tak zde řeka tvoří řadu zákrut a někdy i meandrů.

Přibližně mezi 16. a 11. km od ústí Kamenice se řeka vlévá do poměrně široké nivy, která je dobře rozpoznatelná z příčného profilu ze Srbské Kamenice. V této krajině dochází k fluvialní akumulaci, v důsledku zpomalení transportační rychlosti toku. Dochází zde tedy k usazování unášeného materiálu na březích toku a v aluviální nivě při vyšších vodních stavech. (Buzek, aj. 1977, s. 82) Příkladem toho, že niva může být často trvale podmáčená, je přírodní památka Arba v Srbské Kamenici. Jestliže v údolí převládá sedimentace nad odnosem, pak se řeka nazývá agradující. Jedná se zpravidla spíše o dolní toky, kde má řeka menší spád.

Za obcí Srbská Kamenice se řeka Kamenice vlévá do soustavy soutěsek a kaňonů, do oblasti Národního parku České Švýcarsko. V tomto úseku získává krajina zcela jedinečný charakter a často ani není možné se k toku kvůli strmým skalám dostat. Kaňony a soutěsky jsou výsledkem značné převahy hloubkové eroze nad erozí boční.

Z hlediska tvaru údolí lze rozlišovat údolí symetrická a asymetrická. Asymetrické údolí má svahy o různé sklonitosti, což může být výsledkem různé intenzity svahových procesů nebo odlišnou litologií obou svahů. V případě povodí Kamenice se jedná spíše o symetrická údolí, jen v případě horního toku je údolí spíše asymetrické. (Horník 1984, s. 67, 68)

Pořízená fotodokumentace jednotlivých typů údolí a krajinného rázu se nachází v Na snímcích pak lze pozorovat místa, která posloužila pro sestavení příčných profilů krajiny.

2.3 ANALÝZA ODTOKOVÝCH POMĚRŮ

Atmosférické srážky spadlé na zemský povrch se mohou buď vypařit, anebo vsáknout do podzemí. Zbytek těchto srážek je odkázán na pohyb po povrchu, který nazýváme povrchovým odtokem. Povrchový odtok je při stékání do koryt řek ještě obohacen a rozmnožován o vodu vytekoucí ze spodních vrstev země. Povrchová voda se postupně soustřeďuje do koryt, ze kterých se dostává do koryta hlavního toku, se kterým opouští povodí. Povrchový odtok není snadné jednoznačně měřit a určit neboť je ovlivněn právě propustností půd, využitím krajiny, intenzitou srážek, táním sněhu anebo vydatností pramene. Výsledkem působení těchto všech činitelů je neustálá změna průtoků v korytě a také výšky hladiny toku. Právě výška hladiny toku a průtok jsou nejpřesnějšími ukazateli vody, která vytéká z povodí a tedy výsledkem hodnocení odtokových poměrů území. Měření průtoků a výšky hladiny na řece také slouží k hodnocení a stanovení rizikových víceletých průtoků, které mohou pomoci k ovlivnění výšky hladiny a průtoků. Regulace průtoků je možná například díky vodním nádržím. (Dub 1957, 137, 138)

Pro měření průtoků a vodních stavů toku slouží takzvané vodočetné stanice. Vodočetná stanice je umístěna na toku na takovém místě, aby měla dostatečnou výpovědní hodnotu. Je to tedy pře ústím řeky do jiného toku nebo například za ústím většího přítoku. Na samotném toku Kamenice se nacházejí dvě vodočetné stanice spadající pod správu pobočky Českého hydrometeorologického ústavu v Ústí nad Labem. Jedna stanice se nachází v obci Srbská Kamenice 13,5 km od ústí Kamenice do Labe, nachází se tedy na středním toku a měřený průtok v této stanici platí pro 45 % plochy povodí. Další vodočetnou stanicí je stanice v obci Hřensko, která se nachází 1,3 km od ústí Kamenice do Labe. Průměrný roční průtok pro tuto stanici je 2,60 m³/s a zahrnuje tedy vodu, která na toto místo dotekla z 99 % celého území. V povodí se nachází ještě jedna vodočetná stanice a to v obci Všemily, tato stanice se nachází na největším pravém přítoku Kamenice na Chřibské Kamenici. (ČHMÚ: Hlásná a předpovědní povodňová služba 2014)

2.3.1 Hodnocení průtoků

Základní charakteristikou udávající informace o množství vody, která odečte z povodí průměrný průtok, jehož hodnota v profilu Hřensko činí 2,60 m³/s. Tento údaj je platný pro stanici Hřensko se staničením 1,3 km od ústí do Labe. Tato hodnota platí pro 99 % celkové plochy povodí Kamenice. V rámci stupňů povodňové aktivity se vymezují 3 stupně a to stav bdělosti- pro Hřensko 15,6 m³/s, stav pohotovosti- pro Hřensko 26,4 m³/s a stav ohrožení- pro Hřensko 39,0 m³/s což odpovídá vodním stavu 140 cm. Za posledních 5 let zde byly naměřeny stavy větší než 3. stupeň povodňové aktivity dvakrát. Dne 4.7. 2009 zde byl naměřen stav 228 cm a 7.8. 2010 to byl stav 409 cm, což je vůbec nejvyšší naměřený vodní stav v této stanici. (ČHMÚ: Evidenční list hlášeného profilu č. 250)

Na tomto uvedení nejvyšších stavů lze vidět úzkou souvislost mezi intenzitou atmosférických srážek a průtoky, neboť právě červenec a srpen jsou nejdeštivějšími měsíci tohoto povodí.

Na základě údaje pro průměrný průtok lze určit další hodnoty charakterizující odtokové poměry. Mezi takové hodnoty lze řadit specifický odtok neboli poměrný odtok označený písmenem q , který udává množství vody, které průměrně odečte z určité plochy za jednotku času. Specifický odtok lze tedy určit podle vzorce:

$$q = \frac{Q}{P}$$

Kde Q je průměrný průtok a P je plocha povodí. Specifický odtok pro povodí Kamenice tedy činí 11,97 l/s.km². Na základě průtoků lze vypočítat průtočné množství, která udává, jaké množství vody proteče v měrném profilu za daný časový úsek. Roční průtočné množství O_r lze tedy spočítat vztahem:

$$O_r = (86400 \cdot 365,25) \cdot Q$$

Kde číselná hodnota udává počet sekund v průměrném roce. Měrným profilem Hřensko tedy za průměrný rok proteče průměrně 0,082 km³.

Odtok je brán jako množství odtékající vody z dané plochy a lze ho vyjádřit podobně jako srážky vrstvou vody v mm. Toto množství vody se nazývá odtoková výška a značí se h_o . Při stanovení této hodnoty je nutno si představit, že odtoková výška je rovnoměrně rozdělená po povodí. Odtokovou výšku lze spočítat podle vzorce:

$$h_o = \frac{1}{1000} * \frac{Q}{P}$$

Odtoková výška pro povodí Kamenice je tedy rovna 377,4 mm/rok. (Dub 1957, s. 161, 162)

Na základě odtokové výšky lze určit odtokový koeficient, který udává podíl odtoku vody spadlé v podobě srážek, který odeče z povodí řekami. Odtokový koeficient φ a je dán vztahem

$$\varphi = \frac{H_o}{H_s}$$

Kde H_o je odtoková výška a H_s výška srážek, tuto hodnotu lze uvést pro libovolný časový úsek. Odtokový koeficient pro povodí Kamenice určený na základě odtokové výšky za průměrný rok a dlouhodobého průměrného ročního úhrnu srážek určeného za období 2009-2013 činí 0,36, tedy že 36 % srážkové vody doteče řekami. (Dub 1957, s. 253)

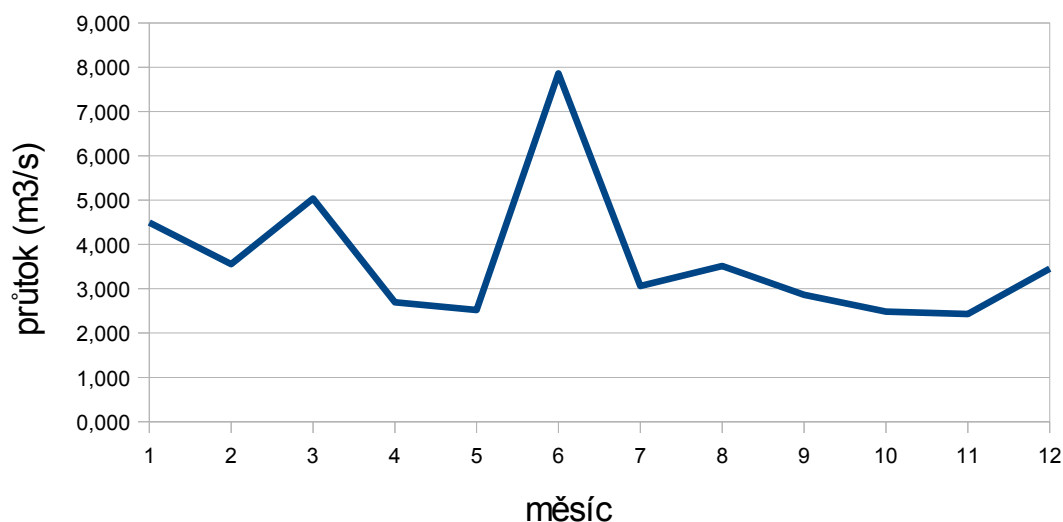
Pro účely vypracování práce byly ještě poskytnuty data měsíčních průtoků z hlásného profilu Hřensko mezi roky 2009 až 2013. Následující tabulka ukazuje hodnoty měsíčních průtoků pro tuto stanici.

| rok | I. | II. | III. | IV. | V. | VI. | VII. | VIII. | IX. | X. | XI. | XII. |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2009 | 1,616 | 2,678 | 8,349 | 1,720 | 1,775 | 5,533 | 3,945 | 1,684 | 1,367 | 2,238 | 1,822 | 2,573 |
| 2010 | 1,855 | 2,382 | 4,952 | 2,425 | 2,774 | 3,454 | 2,336 | 9,312 | 6,931 | 2,564 | 3,004 | 3,548 |
| 2011 | 7,135 | 3,857 | 3,262 | 2,460 | 1,907 | 1,955 | 3,157 | 2,542 | 1,929 | 1,662 | 1,598 | 2,918 |
| 2012 | 5,925 | 5,052 | 4,579 | 2,858 | 1,798 | 2,235 | 3,434 | 1,548 | 1,528 | 2,012 | 2,686 | 4,154 |
| 2013 | 5,952 | 3,819 | 4,053 | 4,004 | 4,343 | 26,122 | 2,445 | 2,481 | 2,554 | 3,938 | 3,049 | 4,061 |

Tabulka 8: hodnoty měsíčních průtoků pro stanici Hřensko (m^3/s) (ČHMÚ Ústí nad Labem 2014)

Na základě těchto hodnot byl spočten průměrný průtok za toto období, který činí $3,66 m^3/s$. Tento údaj se liší od dlouhodobého měsíčního průtoku. Příčinou tohoto rozdílu je obzvláště deštivý rok 2010 a 2013.

Následující graf pak zobrazuje rozložení průtoků v roce. Tento graf je sestaven také na základě dat z let 2009 až 2013 a je z něj patrné, že největší průtoky řeka Kamenice zaznamenává v měsících prosinec až březen a pak červen až září. V těchto měsících průtoky přesahují dlouhodobý průměr.



Obr 10: graf zobrazující průměrné měsíční průtoky za období 2009-2013

2.3.2 Zrnitost půdy a její ovlivnění odtokových poměrů

Půdy jsou významným činitelem ovlivňující povrchový odtok. Vlastnosti půdy ovlivňují intenzitu vsakování vody do podloží. Těmito vlastnostmi je myšleno především zrnitostní složení půdy (textura), struktura, obsah humusu, solí a vápna a jejich aktuální stav. Právě díky aktuálnímu stavu není určení povrchového odtoku v závislosti na půdě zcela objektivní, neboť stav a vlastnosti půdy se mohou během roku měnit. (Netopil 1984, s. 167)

Jak již bylo zmíněno výše, charakter půdy je závislý především na matečném substrátu. V závislosti na matečním substrátu se dá určit zrnitostní charakteristika půdy. Podle zrnitosti se půdy dělí do čtyř skupin. Tyto čtyři skupiny jsou vyčleněny na základě čtyř kategorií sledující velikost obsažených zrn. Nejmenšími zrny jsou jílnaté částice o průměru menším než 0,01 mm, následují prachové částice o velikosti 0,01-0,05 mm, další kategorií je pak práškový písek se zrny o průměru 0,05-0,1 mm. Největšími zrny je pak písek a velikosti 0,1-2,0 mm. Na základě podílu těchto zrnitostních frakcí, nebo na základě podílu pouze jílovitých částic v jednotlivých půdách se pak vyčleňují půdní druhy odvozené od textury půdy. Půda s největším obsahem jílovitých částic (nad 75%) se nazývá jílovitá až jílovito-hlinitá. Půda s 35-50% jílovitých částic se nazývá hlinitá. Píščito-hlinitá půda se vyznačuje obsahem jílovitých částic 20-35% a půda s nejnižším obsahem těchto částic je půda

hlinito-písčité až písčité (0-20%). Tato rozdělení je velmi důležité pro zařazení půdy do půdního druhu na základě matečného substrátu. Zrnitostní zařazení půdy slouží tak k zařazení půdy do hydrologické půdní skupiny, která poté určuje infiltrační schopnosti půdy. (Kutílek 1976, s. 55, 56)

| půda | rozloha půdy (km²) | podíl na celkové ploše (%) | matečná hornina (převládající) | zrnitost (textura) | hydrologická půdní skupina |
|--------------------|--|---|---|-------------------------------|---|
| <i>podzoly</i> | 116,98 | 53,16 | pískovec křemenný, štěrčíkovitý | písčité, hlinitopísčité | A |
| <i>pseudogleje</i> | 51,29 | 23,31 | pískovec křemenný, štěrčíkovitý | písčité, hlinitopísčité | A |
| <i>kambizemě</i> | 34,48 | 15,67 | čedič, trachyt | hlinitá | C |
| <i>gleje</i> | 9,37 | 4,26 | pískovec křemenný, štěrčíkovitý | písčité, hlinitopísčité | A |
| <i>fluvizemě</i> | 5,43 | 2,47 | pískovec křemenný, štěrčíkovitý | písčité, hlinitopísčité | A |

Tabulka 9: vybrané charakteristiky půd v povodí Kamenice (rozlohy vypočteny v ArcGIS 10.2, zdroj: Kutílek 1976, s. 55, 56)

Pro doplnění je třeba charakterizovat hydrologické půdní skupiny. Toto dělení do čtyř skupin A, B, C a D je provedeno na základě minimální rychlosti infiltrace vody do půdy bez pokryvu při déle trvajícím sycení. Infiltrace je schopnost půdy vsakovat a propouštět vodu. Ideální infiltrační schopností je střední až vysoká infiltrace, neboť poté nedochází k půdní erozi a k silnému povrchovému odtoku. Infiltrační schopnosti nesmí být však stoprocentní, neboť poté se z půdy vyplavují veškeré živiny do podzemních vod a do podloží. Infiltrační schopnost půdy není stálá, neměnicí se vlastnost. Infiltrační schopnosti mohou být ovlivněny například intenzitou srážek, samotnými fyzikálními vlastnostmi půdy, systémy půdních živočichů. Jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňující infiltraci je ale využití půdy a vegetační pokryv. Blíže k tomuto tématu v následujících kapitolách. V tabulce je ještě dobře vidět znatelné zastoupení půd (zhruba $\frac{3}{4}$ celého území) půd spadajících do hydrologické půdní skupiny A. Velká část území má tedy dobré infiltrační schopnosti.

| hydrologická půdní skupina | charakteristika hydrologické půdní skupiny |
|-------------------------------|--|
| A | I při úplném nasycení značně vysoká míra infiltrace ($>0,20$ mm/min); hluboké, dobře až nadměrně odvodněné písky |
| C | I při úplném nasycení poměrně pomalá rychlost infiltrace ($0,05-0,10$ mm/min); málo propustná vrstva v půdním profilu |

Tabulka 10: charakteristika hydrologických půdních skupin (Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd 2011)

2.3.1 Metoda při sestavování map odtokových poměrů

V rámci této práce byly sestaveny dvě mapy intenzity povrchového odtoku. Jedna mapa zobrazuje intenzitu povrchového odtoku v závislosti na reliéfu povodí. Druhá mapa se zaměřuje na intenzitu povrchového odtoku v závislosti na hydrologické půdní skupině a na krajinném pokryvu. Na postupu vypracování těchto map je vidět souvislost všech složek krajinné sféry. Do map intenzity povrchového odtoku byly zakomponovány údaje ze všech složek kromě klimatických podmínek povodí. Klimatické podmínky, tedy hlavně intenzita atmosférických srážek jsou hlavním zdrojem povrchového odtoku. Intenzita povrchového odtoku zobrazená v mapách tedy přímo úměrně závisí na intenzitě srážek.

Mapa intenzity povrchového odtoku na základě georeliéfu kategorizuje intenzitu povrchového odtoku do čtyř kategorií. Plocha je rozdělena na místa s velkou, střední, malou a velmi malou intenzitou povrchového odtoku. Tato mapa byla vytvořena na základě úpravy rastru digitálního modelu reliéfu. (ARCDATA PRAHA) Z digitálního modelu reliéfu byly dále vygenerovány rastry horizontální a vertikální křivosti- *Plan a Profile Curvature*. Tyto rastry byly dále upraveny v *Map Algebra* a poté sečteny tak, že výsledkem byl rastr, kde si každý pixel pamatuje informaci horizontální a vertikální křivosti. Z digitálního modelu reliéfu byly dále vygenerovány pomocí funkce *Slope* sklony svahů ve stupních. Tento rastr sklonů byl dále pomocí *Reclassify* rozdělen do čtyř kategorií podle míry sklonitosti. Reklasifikovaný rastr sklonů byl poté sečten s výsledným rastrem křivosti a dále byl tento výsledek reklasifikován do čtyř výsledných kategorií zobrazujících intenzitu povrchového odtoku v závislosti na georeliéfu území. Výsledná mapa ukazuje, že oblasti s nejvyšší intenzitou povrchového odtoku se vyskytují na místech se sklonem přesahujícím 10° . Velká intenzita

povrchového odtoku se vyskytují především ve vyšších partiích hor a poté kolem dolního toku Kamenice, kde dochází v mnohých místech ke stoprocentnímu povrchovému odtoku v důsledku výskytu skalnatých roklí kaňonů a soutěsek.

Výsledky mapování intenzity povrchového odtoku v závislosti na georeliéfu jsou však závislé na mapě intenzity odtoku v závislosti na krajinném pokryvu a na hydrologické půdní skupině. Tato mapa byla sestavena na základě tabulky odtokového koeficientu v závislosti na hydrologické půdní skupině. (Bedient, aj. 1988, s. 104) Nejdříve byla digitalizována půdní mapa podle taxonomického klasifikačního systému půd (INSPIRE 2006). Poté byly půdy kategorizovány do hydrologických půdních skupin, viz. kapitola Pedologická stavba území. K této kategorizaci byla použita geologická mapa (Česká geologická služba 2013), podle které byla na základě matečné horniny určena hydrologická půdní skupina. Výsledkem bylo rozdělení území do dvou kategorií půd A a C. Další potřebnou vrstvou byla digitalizovaná a zgeneralizovaná vrstva krajinného pokryvu (CORINE 2006). Tato vrstva byla zdigitalizována a kategorizována do tří tříd. Výsledkem se stala vrstva s lesními, zemědělskými a urbanizovanými areály. Následným překryvem těchto dvou vrstev založené na odtokových koeficientech krajinného pokryvu uvedených v tabulce 11 vznikla mapa intenzity povrchového odtoku kategorizující odtok do 6 tříd. Odtokový koeficient hodnota udávající podíl (%) vody spadlé z atmosférických srážek, které odteče po zemském povrchu.

| krajinný pokryv | hydrologická půdní skupina | A | C |
|---------------------|----------------------------|----|----|
| lesní areály | | 25 | 70 |
| zemědělské areály | | 44 | 74 |
| urbanizované areály | | 61 | 83 |

Tabulka 11: odtokový koeficient krajinného pokryvu v závislosti na půdním druhu- podíl srážkové vody odteklé po povrchu (%) (Bedient, aj. 1988, s. 104)

Z tabulky je vidět, že nejvyšší intenzitou povrchového odtoku dominují půdy typu C v kombinaci se zastavěnými plochami. Naopak lesní areály spolu s hydrologickou půdní skupinou A se vyznačují nízkou intenzitou povrchového odtoku. Z mapy je zřejmé, že většina povodí se vyznačuje slabým nebo spíše slabým povrchovým odtokem, což je dáno velkým zastoupením silně propustných písčitých půd.

3 TERÉNNÍ VÝZKUM A METODIKA VÝZKUMU

Terénní výzkum v povodí Kamenice proběhl ve dnech 14. a 30.3 2014. Průzkum byl proveden po předešlém studiu map. (Geodézie On Line 2012 a ČÚZK 2009) Při studiu těchto map byly vybrány lokality a trasa pro výzkum. Výzkum byl zaměřen na fluviální tvary na toku, na pobřežní vegetaci a na změnu krajinného rázu.

Podle mapy bylo nalezeno prameniště Kamenice na jihozápadním svahu Jelení hory. Pramen představuje zamokřená bažinatá plocha přibližně o ploše 4m². Co se týče typu pramene, jedná se o heleokren (Změny biocenózy v podélném profilu toku [online]), tedy o mokřad nebo bažinu v zimě nezamrzající, která se sbíhá do potůčku.



Obr 11: pramen Kamenice na jihozápadním svahu Jelení skály

Před samotným terénním průzkumem byl sestaven podélný profil toku, na kterém jsou vidět změny sklonu toku. Při pohybu v terénu byla tato místa identifikována. Zaznamenána nebyla pouze změna středního toku na dolní, neboť toto místo leží v Národním parku České Švýcarsko a není přístupné. První změna toku a krajinného rázu byla zaznamenána přibližně 4 km od pramene toku, kde se řeka z lesů dostává do poměrně širokého údolí s obcí Kytlice.

Řeka od tohoto místa protéká neckovitým údolím až k lokalitě Pustý zámek přibližně 13 km od pramene. Pustý zámek je vysoký skalní výchoz tvořen trachytem, kde je možné pozorovat horizontální sloupcovitou odlučnost trachytu. V tomto místě

došlo v minulosti k průlomu skalního bloku tvořící Pustý zámek a protilehlý Břidličný vrch díky říčce Kamenice. Pustý zámek je chráněn jako Přírodní památka. Za touto lokalitou se řeka dostává do kotliny České Kamenice, odkud odtéká Kamenice korytem uzavřeného Rabštejnského údolí dlouhého asi 2 km. Za tímto údolím řeka vtéká do širokého údolí kolem obce Jánské, které přechází v širokou nivu kolem obce Srbská Kamenice.



Obr 12: místo přechodu toku z lesů do neckovitého údolí



Obr 13: hluboce zaklesnuté údolí Kamenice v lokalitě Pustý zámek

V široké nivě okolo Srbské Kamenice tvoří tok mírné zákruty, avšak u největšího pravého přítoku Kamenice u Chříbské Kamenice, která se v tomto místě do Kamenice vlévá, je možné pozorovat typické meandry, které jsou chráněny jako Přírodní památka. V údolí okolo Srbské Kamenice se nachází Přírodní rezervace Arba, trvale podmáčená plocha s dominantní bledulí jarní. (ČGS: Významné geologické lokality 2012)

Z tohoto širokého údolí se řeka vlévá přibližně 1,5 km od ústí do Labe do krajiny Národního parku České Švýcarsko, kde řeka vytváří hluboké kaňony a soutěsky. Po proplutí těchto kaňonů se Kamenice vlévá do Labe v obci Hřensko. Co se týče ústí Kamenice do Labe, jedná se o antropogenně upravené ústí.



Obr 14: hluboké kaňonovité údolí v lokalitě Divoká Soutěska

Co se týče pobřežní vegetace, byla na toku zjištěna typická pobřežní vegetace vyskytující se mezi 10. a 34. km od ústí do Labe. Jedná se o vegetaci luhů a olšin. S dominantními druhy olše lepkavé, jasanu ztepilého nebo jilmu habrolistého. (Mikyška 1968, s. 29, 30)



Obr 15: typická pobřežní vegetace luhů a olšin- Srbská Kamenice

Závěr a závěrečná diskuse

Cílem práce bylo sestavit fyzickogeografickou charakteristiku povodí řeky Kamenice a na základě těchto poznatků zhodnotit vliv a míru vlivu jednotlivých složek krajinné sféry na intenzitu odtokových poměrů. K sestavení fyzickogeografické charakteristiky byla použita kromě literatury data poskytnutá od pobočky Českého hydrometeorologického ústavu v Ústí nad Labem a od České geologické služby.

Na základě poznatků získaných při sestavování fyzickogeografické charakteristiky byly sestaveny mapy zobrazující intenzitu odtokových poměrů. V rámci práce byla sestavena mapa intenzity povrchového odtoku v závislosti na krajinném pokryvu a hydrologické půdní skupině. Druhou sestavenou mapou je mapa intenzity povrchového odtoku v závislosti na georeliéfu. Poté došlo k překryvné analýze těchto dvou map a vznikla výsledná mapa hodnotící odtokové poměry území. Sestavené mapy jsou důkazem provázanosti jednotlivých složek krajinné sféry a faktu, že všechny složky mají vliv na odtokové poměry. Nejvýznamnějším činitelem ovlivňující intenzitu povrchového odtoku je však faktor georeliéfu. Tento závěr vychází z porovnání mapy intenzity povrchového odtoku modifikovaného reliéfem s mapou sklonitosti, neboť tyto dvě mapy jsou si dost podobné. Hlavním činitelem ovlivňující povrchový odtok je tedy sklon svahů a intenzita atmosférických srážek.

Dalším cílem práce bylo provedení terénního výzkumu a na jeho základě pořídit fotodokumentaci a zhodnotit a popsat výskyt fluvialních tvarů na řece Kamenici. Jako nejčastěji se vyskytující fluvialní tvar byl zjištěn zákrut koryta řeky někdy přecházející v meandr. Vývoj meandrů je popsán a doplněn fotodokumentací na plakátu v příloze. Dalším fluvialním tvarem vyskytujícím se na řece jsou obří hrnce vyskytující se na dolním toku v oblasti Národního parku České Švýcarsko. Při terénním průzkumu v této lokalitě nebyl žádný takový útvar nalezen avšak o výskytu těchto tvarů vzniklých evorzní činností vody pojednává v knize Erozní tvary v Čechách a jejich geneze autoři Břetislav Balatka a Jaroslav Sádek (1977).

Terénní výzkum byl dále zaměřen na změnu krajinného rázu v závislosti na vývoji toku. Při tomto výzkumu byla zjištěna souvislost sklonu toku se změnou krajinného rázu. Po sestavení podélného profilu toku byla určena místa změny sklonu toku a poté byla tato místa cílem terénního průzkumu. V terénu bylo zjištěno, že tyto místa mají souvislost se změnou krajinného rázu, respektive se změnou tvaru a charakteru údolí.

Na závěr je nutno zmínit poučení získané na základě sestavení této bakalářské práce. Jedním s požadovaných cílů práce bylo stanovit a zhodnotit odtokové poměry povodí Kamenice. Jelikož se jedná o poměrně velké povodí o rozloze přes 200 km² nelze stanovit určitý a přesný závěr hodnotící odtokové poměry. Je přirozené, že na takto velkém území se značně mění jednotlivé složky krajinné sféry a tak není možné stanovit jednotný závěr, co se týče povrchového odtoku. Pro přesnější informace o odtokových poměrech s větší vypovídající hodnotou by bylo vhodnější zabývat se menším povodím o menší rozloze. Hodnocení odtokových poměrů je v této práci tedy spíše nastíněno a je zde popsán vliv jednotlivých složek krajinné sféry, avšak není myšleno toto hodnocení podávat a brát jako ucelené a neměnné. Odtokové poměry území jsou velmi složitým jevem, který je ovlivňován aktuálním stavem dalších fyzickogeografických činitelů, a tak není zcela možné je přímo měřit a komplexně určit.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Použitá literatura

BALATKA, Břetislav - SLÁDEK, Jaroslav. Erozní tvary v Čechách a jejich geneze. Praha: Academia, 1977. 98 s. Rozpravy ČSAV.

BEDIENT, B. P., WAYNE, C. H., 1988: Hydrology and Floodplain Analysis. University of Florida. Addison-Wesley publishing company. 650pp.

BUZEK, L. Eroze půdy. Vyd. 1. Ostrava: Pedagogická fakulta, 1983. 257 s.

BUZEK, Ladislav - HAVRLANT, Miroslav. Základy geomorfologie a biogeografie. 1. vyd. Ostrava: Pedagogická fakulta, 1977. 291 s.

CULEK, Martin. Biogeografické členění České republiky. II. díl. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2005. 589 s. ISBN 80-86064-82-4.

DEMEK, Jaromír, Peter MACKOVČIN a Břetislav BALATKA. *Zeměpisný lexikon ČR*. Vyd. 2. Brno: AOPK ČR, 2006, 580 s. ISBN 80-86064-99-9.

DUB, Oto. Hydrológia, hydrografia, hydrometria. Bratislava: SVTL, 1957. 484, [2] s. Edícia teoretickej literatúry.

HERBER, Vladimír. Cvičení z hydrologie. 1. vyd. Praha: SPN, 1984. 97 s.

HORNÍK, Stanislav. Fyzická geografie : Celost. vysokošk. učebnice pro stud. fakult přírodověd., pedagog. a tělesné výchovy a sportu. 2. 1. vyd. Praha: SPN, 1986. 319 s. Učebnice pro vys. Školy.

CHLUPÁČ, Ivo. Geologická minulost České republiky. Vyd. 1. Praha: Academia, 2002. 436 s., [16] s. barev. obr. příl. ISBN 80-200-0914-0.

KUČERA, Tomáš, Martin KOČÍ a Milan CHYTRÝ. *Katalog biotopů České republiky: interpretační příručka k evropským programům Natura 2000 a Smaragd*. Vyd. 1. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2001, 304 s. ISBN 80-86064-55-7.

KUTÍLEK, Miroslav. *Vodohospodářská pedologie*. 2. přeprac. vyd. Praha: SNTL; Bratislava: Alfa, 1978. 295 s.

KRÁSNÝ, Jiří. *Odtok podzemní vody na území Československa*. 1. vyd. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 1982. 50 s.

MIKYŠKA, Rudolf. *Geobotanická mapa ČSSR : České země*. 1. díl. 1. vyd. Praha: Academia, 1968. 204 s. +.

NETOPIL, Rostislav. *Fyzická geografie : Celost. vysokošk. učebnice pro pedagog. A přírodověd. fakulty*. 1. vyd. Praha: SPN, 1984. 272 s. Učebnice pro vys. školy.

OLMER, Miroslav - KESSL, Jiří. *Hydrogeologické rajóny*. 1. vyd. Praha: SZN, 1990. 154 s. *Práce a studie ; Seš. 176*. ISBN 80-209-0114-0.

QUITT, Evžen. *Klimatické oblasti Československa*. Brno : Geografický ústav ČSAV, 1971. 73 s.

TOMÁSEK, M. (2000): *Půdy České republiky*. Praha, Český geologický ústav, 68 s., ISBN 80-7075-403-6.

VLČEK, Vladimír (ed.). *Vodní toky a nádrže*. 1. vyd. Praha: Academia, 1984, s. 213.

Elektronické nosiče a www stránky

Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky. [on-line] [vid. 21. 2. 2014]. Dostupné z: <http://www.ochranaprirody.cz/>

ARCDATA PRAHA, S. R. O. ČSÚ, ČUZK. *ArcČR 500 ver. 3.0*, [vid. 26. 2. 2014]. Dostupné z: <http://www.arcdata.cz/produkty-a-sluzby/geograficka-data/arccr-500/>

ČHMÚ, Praha. Evidenční list hlásného profilu č. 250. [on-line]. [vid. 15. 2. 2014].
Dostupné z: <http://hydro.chmi.cz/hpps/>

ČHMÚ, Ústí nad Labem 2014. Měsíční úhrny srážek pro povodí stanice Česká Kamenice, Mlýny a Horní Chřibská. [online data]. [vid. 28. 2. 2014].

Ústav pro hospodářskou úpravu lesů. [on-line] [vid. 14. 2. 2014]. Dostupné z:
<http://uhul.cz/>

VÚVTGM, 2011. Digitální báze vodohospodářských dat DIBAVOD [digitální data ESRI Shapefile]. [1:10 000] . Dostupné z: <http://www.dibavod.cz/index.php?id=27>

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd. Hydrologické charakteristiky. [on-line]
[vid. 4. 2. 2014]. Dostupné z:
http://vumop.cz/sites/File/Katalog_Map/20130529_katalogMap_Hydrologicke_charakteristiky.pdf

Změny biocenózy v podélném profilu. [on-line] [vid. 14. 3. 2014]. Dostupné z:
http://hgfl0.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/loticky_system/biocenoza.htm

Mapy a atlasy

ČGS, Česká geologická služba 2013. Geologická mapa. [digitální data ESRI shapefile]
[1:50 000].

ČÚZK, 2012. Prohlížeč služba WMTS - Ortofoto ČR. [služba ArcGIS Online].
[vid. 26.2. 2014]. Dostupné z:
http://geoportal.cuzk.cz/WMTS_ORTOFOTO/WMTService.aspx

ČÚZK, 2011. ZABAGED [služba ArcGIS Online]. [1:10 000]. [vid. 29. 1. 2014].
Dostupné z: <http://geoportal.cuzk.cz/>

Geodézie On Line, 2012. Lužické Hory. [turistická mapa] [1:25 000]. 2. vydání. Česká Lípa. Geodézie On Line. ISBN 978-80-87380-62-8.

INSPIRE Geoportál. CENIA, 2008. Česká agentura životního prostředí. CORINE Land Cover 2006. [služba ArcGIS online]. [vid. 19. 2. 2014].

INSPIRE Geoportál. CENIA, 2006. Česká agentura životního prostředí. Klasifikace půdních typů podle TKSP a WRB 2006. [služba ArcGIS online]. [vid. 27. 1. 2014].

MIKYŠKA, Rudolf. Geobotanická mapa ČSSR[kartografický dokument]. M-33-IX. 1. vyd. Praha: Academia, 1969. 1 mapa.

QUITT, E., 1975. Mapa klimatických oblastí ČSR. [1:500 000]. Brno: Geografický ústav

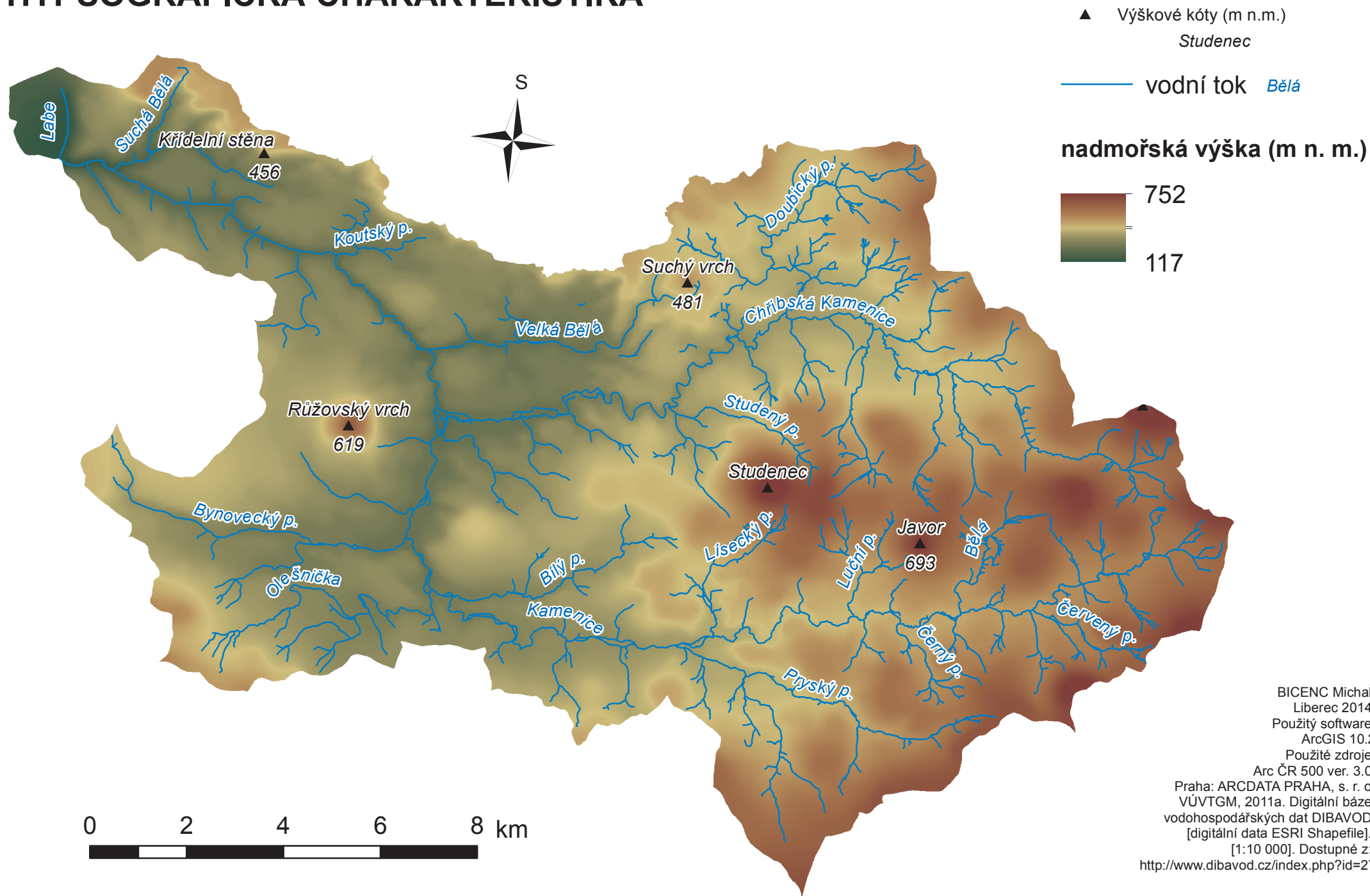
Použitý software

ESRI, 2010. ArcGIS [software]. Version 10.2. Redlands: ESRI [přístup 29. 12. 2013]

Seznam příloh

- Příloha A: Hypsografická charakteristika (*povodí toku Kamenice*)
- Příloha B: Geologická stavba (*povodí toku Kamenice*)
- Příloha C: Půdní charakteristika (*povodí toku Kamenice*)
- Příloha D: Klimatická charakteristika (*povodí toku Kamenice*)
- Příloha E: Hydrogeologické rajóny (*povodí toku Kamenice*)
- Příloha F: Krajinný pokryv v roce 2006 (*povodí toku Kamenice*)
- Příloha G: Charakteristika potenciální přirozené vegetace (*povodí toku Kamenice*)
- Příloha H: Hustota říční sítě dílčích povodí (*povodí toku Kamenice*)
- Příloha I: Sklonitost území (*povodí toku Kamenice*)
- Příloha J: Orientace georeliéfu ke světovým stranám (*povodí toku Kamenice*)
- Příloha K: Roční chod srážek (*povodí toku Kamenice*)
- Příloha L: Intenzita ovlivnění povrchového odtoku- modifikace reliéfem (*povodí toku Kamenice*)
- Příloha M: Intenzita ovlivnění povrchového odtoku- modifikace krajinným
pokryvem a půdním krytem (*povodí toku Kamenice*)
- Příloha N: Terénní průzkum 1: meandry v povodí Kamenice
- Příloha O: Terénní průzkum 2: změna krajinného rázu během vývoje toku

Příloha A: HYPSOGRAFICKÁ CHARAKTERISTIKA



BICENC Michal,
Liberec 2014,
Použitý software:
ArcGIS 10.2
Použité zdroje:
Arc ČR 500 ver. 3.0.
Praha: ARCDATA PRAHA, s. r. o.
VÚVTGM, 2011a. Digitální báze
vodohospodářských dat DIBAVOD
[digitální data ESRI Shapefile].
[1:10 000]. Dostupné z:
<http://www.dibavod.cz/index.php?id=27>

Příloha B: GEOLOGICKÁ STAVBA

- pískovec křemenný
- pískovec křemenný, štěrkovitý
- pískovec, vápenec, dolomit
- písčito-hlinitý až hlinito-písčitý sediment
- sediment smíšený
- slatina, rašelina, hnílokal
- spraš, sprašová hlína

- jílovec vápnitý, slínovec, prachovec
- jílovec vápnitý, slínovec, prachovec vápnitý
- jílovec vápnitý, slínovec, pískovec vápnitý
- kamenitý až hlinito-kamenitý sediment

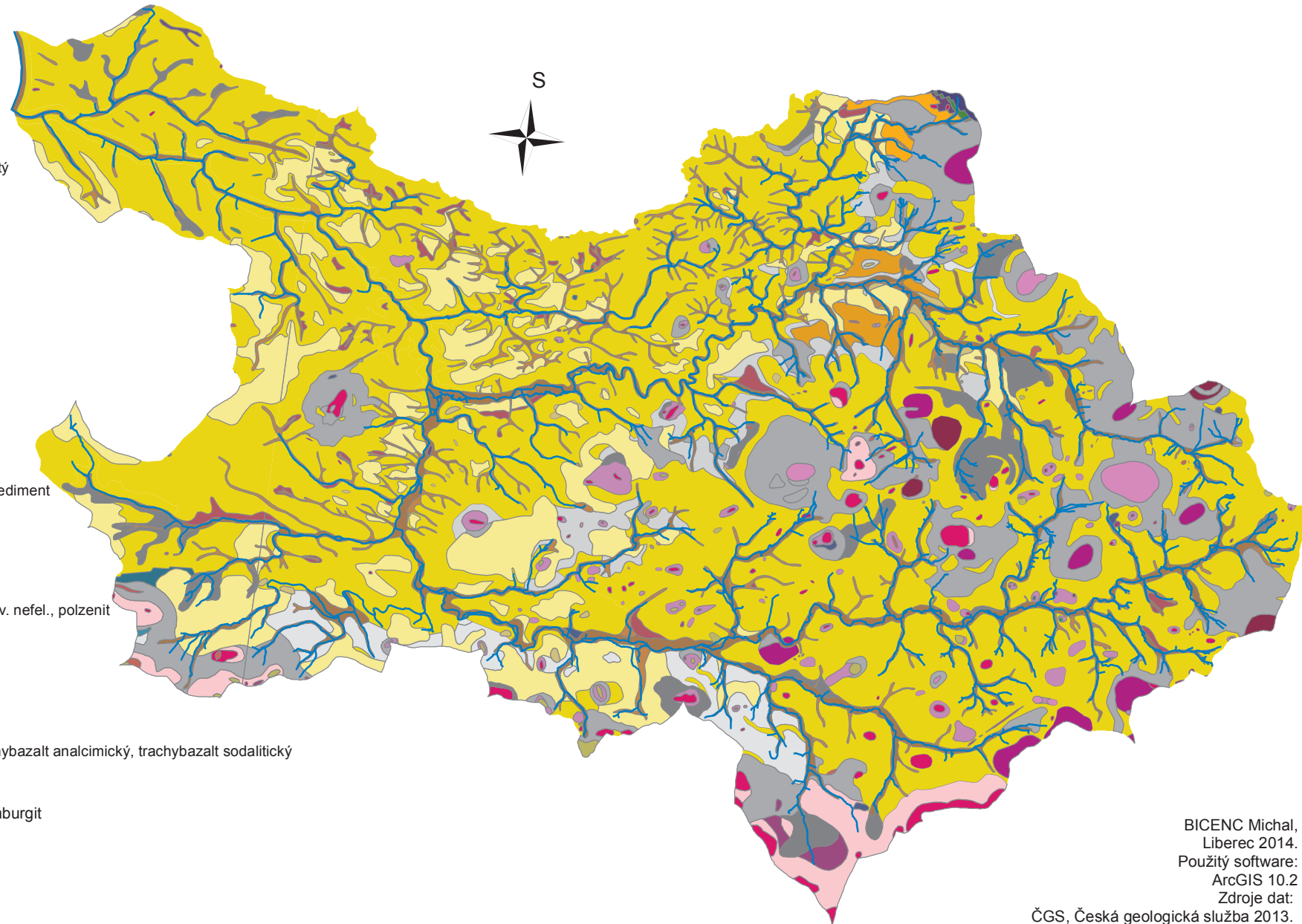
- trachybazalt
- trachyt, trachyt sodalitický
- trachytoid
- tufit, diatomit, sediment uhelný

- písek, štěrk
- pískovec
- pískovec arkózovitý, jílovitý, křemenný
- granit
- hlinito-kamenitý, balvanitý až blokový sediment
- hlína, písek
- hlína, písek, štěrk

- navážka, halda, výsypka, odval
- nefelinit olivinický, melilitický, melilitit oliv. nefel., polzenit
- nefelinit olivinický, analcimit olivinický
- nefelinit olivinický, analcimit, leucitit
- polzenit, polzenit pyroxenický
- pyroklastika bazaltoidních hornin

- tefrit analcimitický, tefrit sodalitický, trachybazalt analcimitický, trachybazalt sodalitický
- aleuropelit, pískovec, slepenec, ryolit
- bazalt alkalický olivinický, bazanit, limburgit
- bazalt alkalický, tefrit, augitit
- bazaltoid
- bazaltoid olivinický
- brekcie subvulkanická bazaltoidní
- fonolit, fonolit sodalitický

— vodní tok

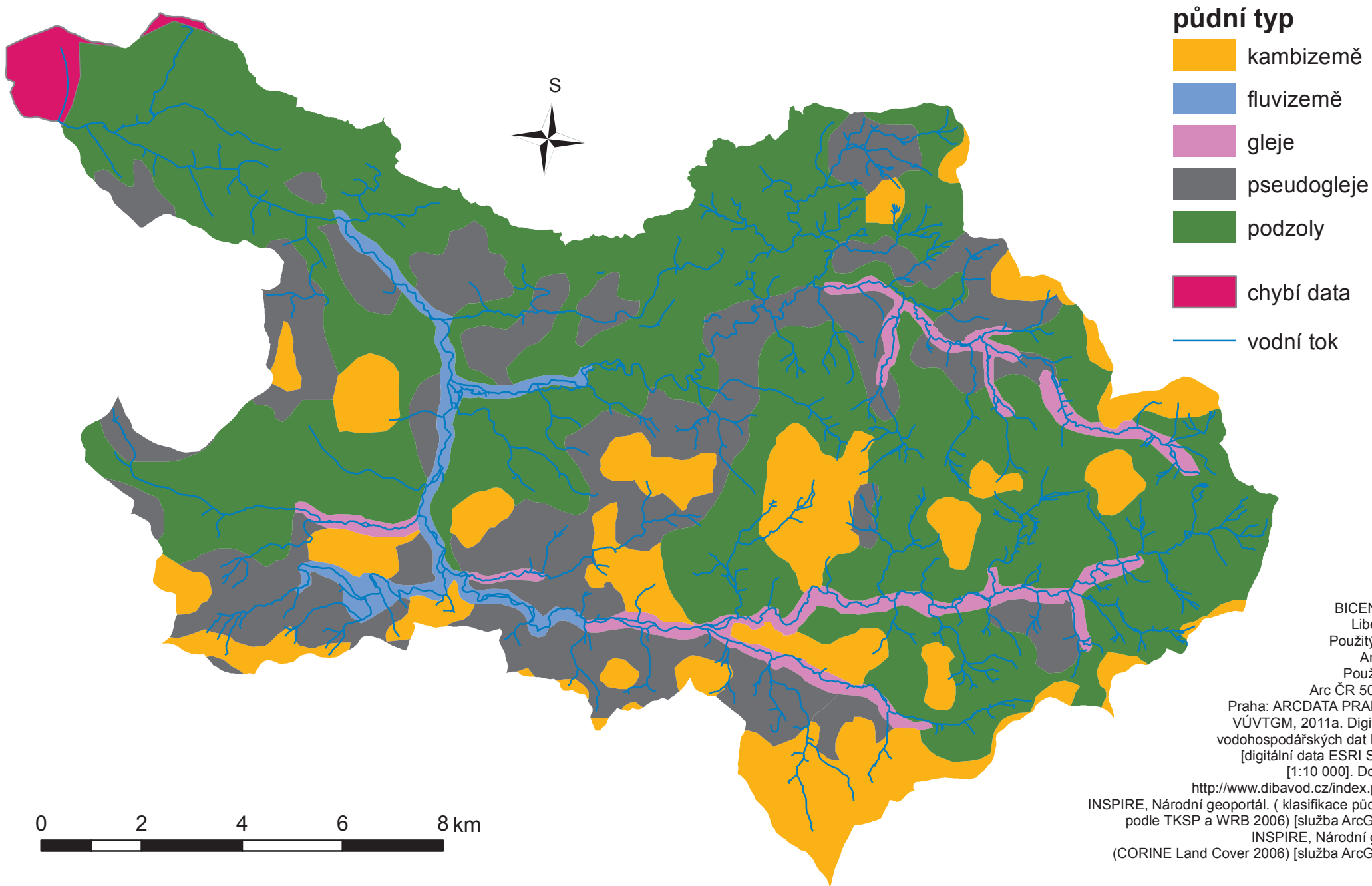


0 2 4 6 8 km

BICENC Michal,
Liberec 2014.
Použitý software:
ArcGIS 10.2
Zdroje dat:
ČGS, Česká geologická služba 2013.
[digitální data ESRI shapefile] [1:10 000]
VÚVTGM, 2011a. Digitální báze
vodohospodářských dat DIBAVOD
[digitální data ESRI Shapefile].
[1:10 000]. Dostupné z:
<http://www.dibavod.cz/index.php?id=27>

PŮDNÍ CHARAKTERISTIKA

Příloha C:



BICENC Michal,
Liberec 2014,

Použitý software:
ArcGIS 10.2

Použité zdroje:

Arc ČR 500 ver. 3.0.

Praha: ARCDATA PRAHA, s. r. o.
VÚVTGM, 2011a. Digitální báze
vodohospodářských dat DIBAVOD
[digitální data ESRI Shapefile].

[1:10 000]. Dostupné z:

<http://www.dibavod.cz/index.php?id=27>

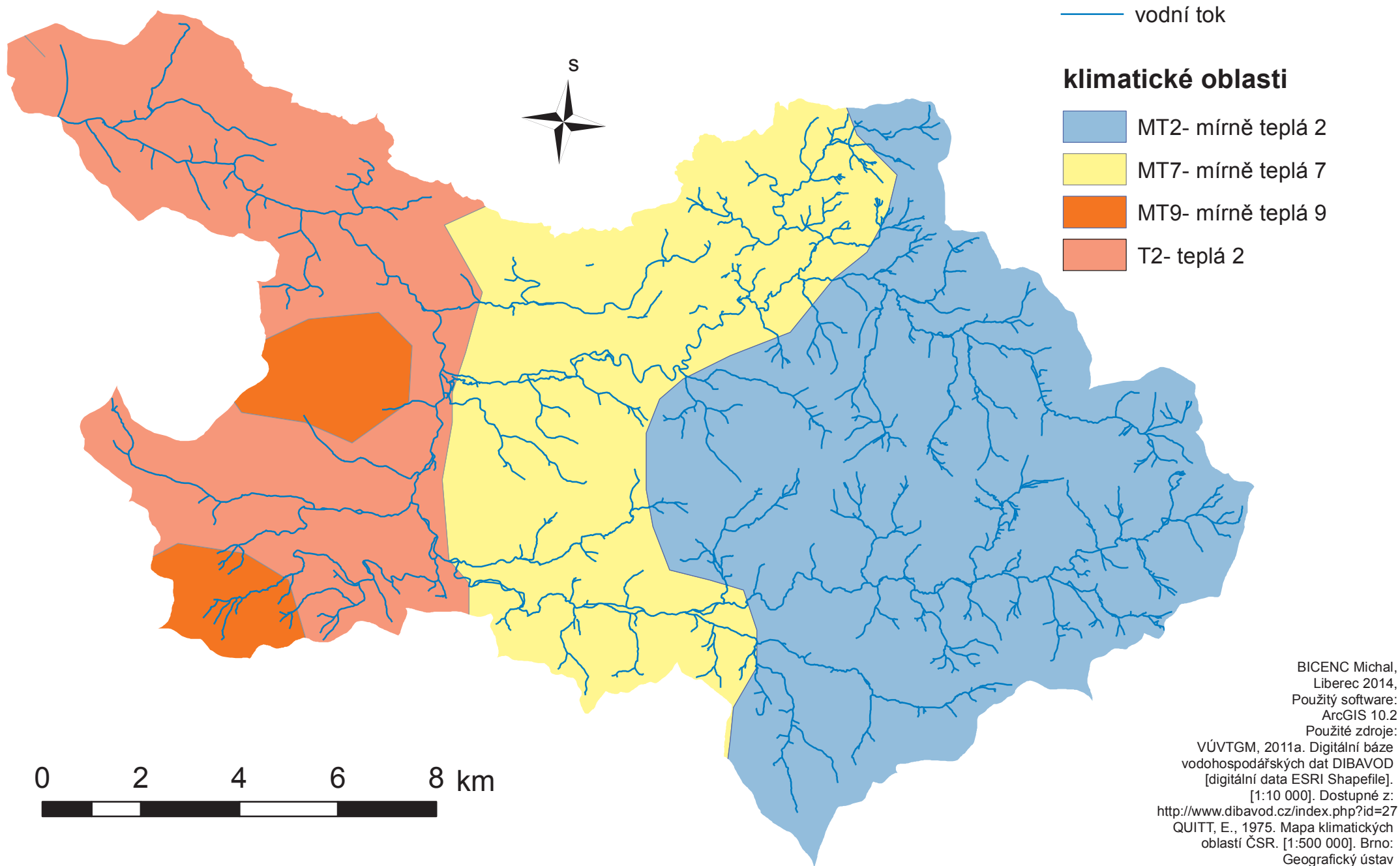
INSPIRE, Národní geoportál. (klasifikace půdních typů
podle TKSP a WRB 2006) [služba ArcGIS online].

INSPIRE, Národní geoportál.

(CORINE Land Cover 2006) [služba ArcGIS online].

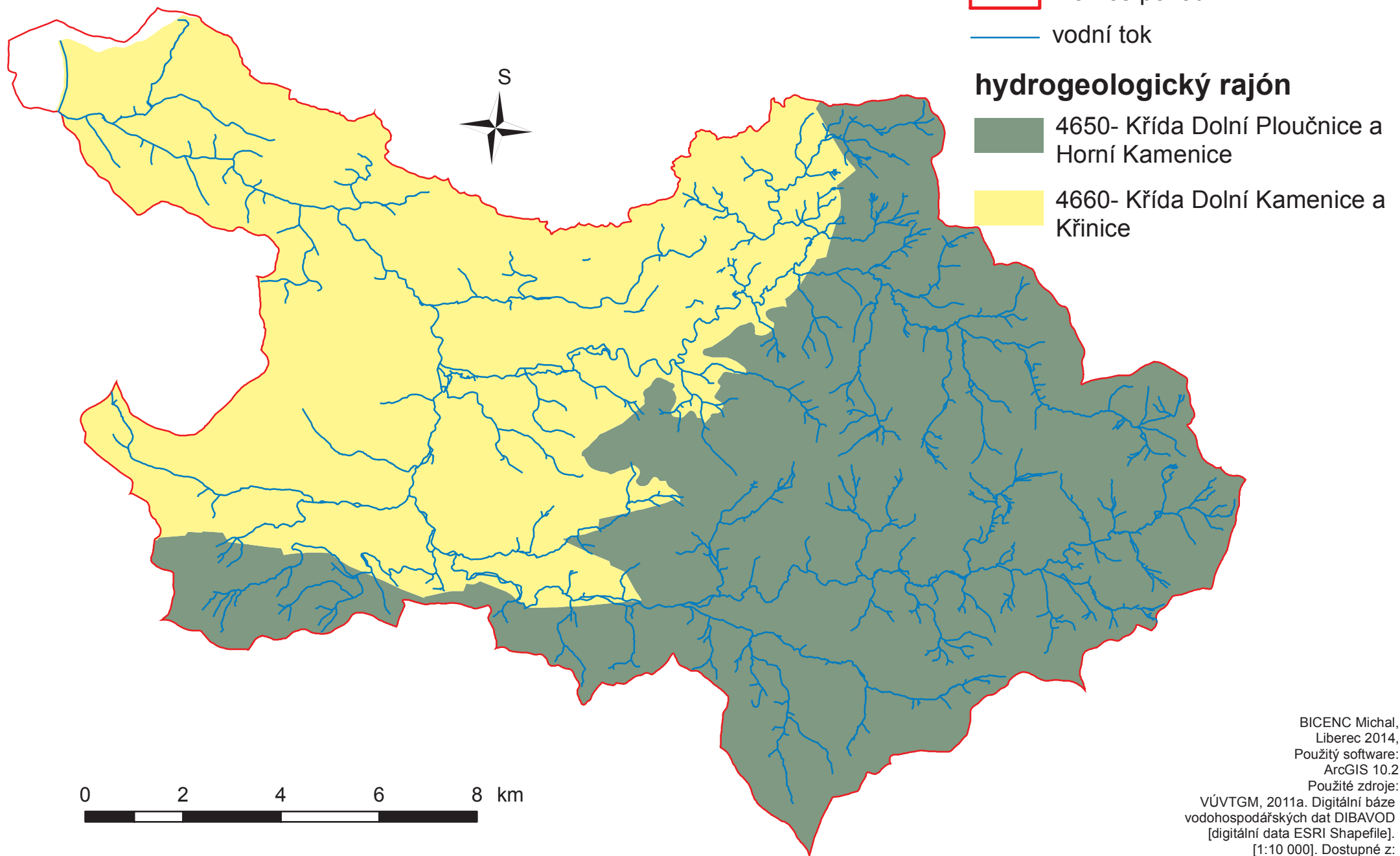
KLIMATICKÁ CHARAKTERISTIKA

Příloha D:



Hydrogeologické rajóny na území povodí Kamenice

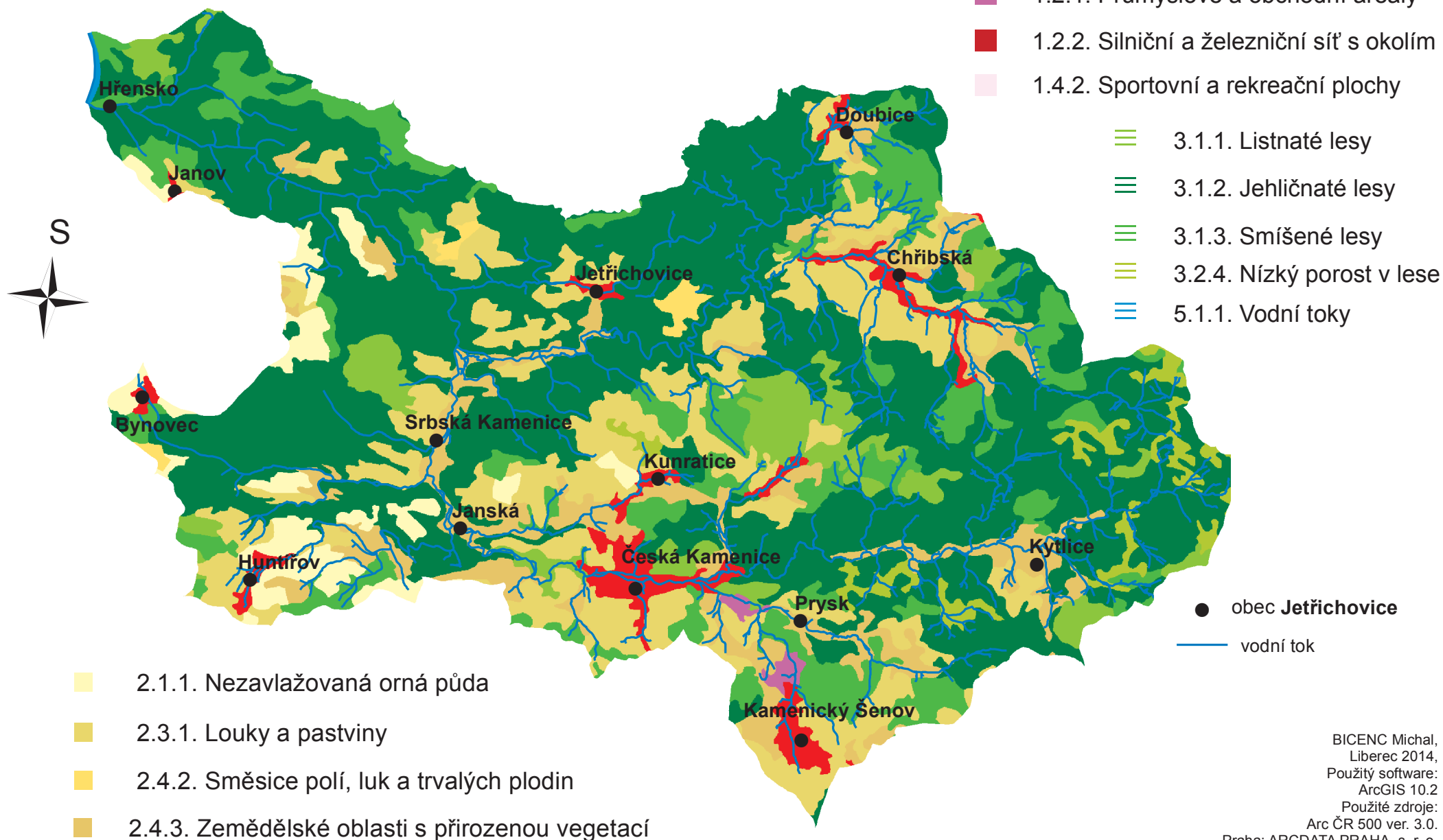
Příloha E:



BICENC Michal,
Liberec 2014,
Použitý software:
ArcGIS 10.2
Použité zdroje:
VÚVTGM, 2011a. Digitální báze
vodohospodářských dat DIBAVOD
[digitální data ESRI Shapefile].
[1:10 000]. Dostupné z:
<http://www.dibavod.cz/index.php?id=27>

KRAJINNÝ POKRYV V ROCE 2006

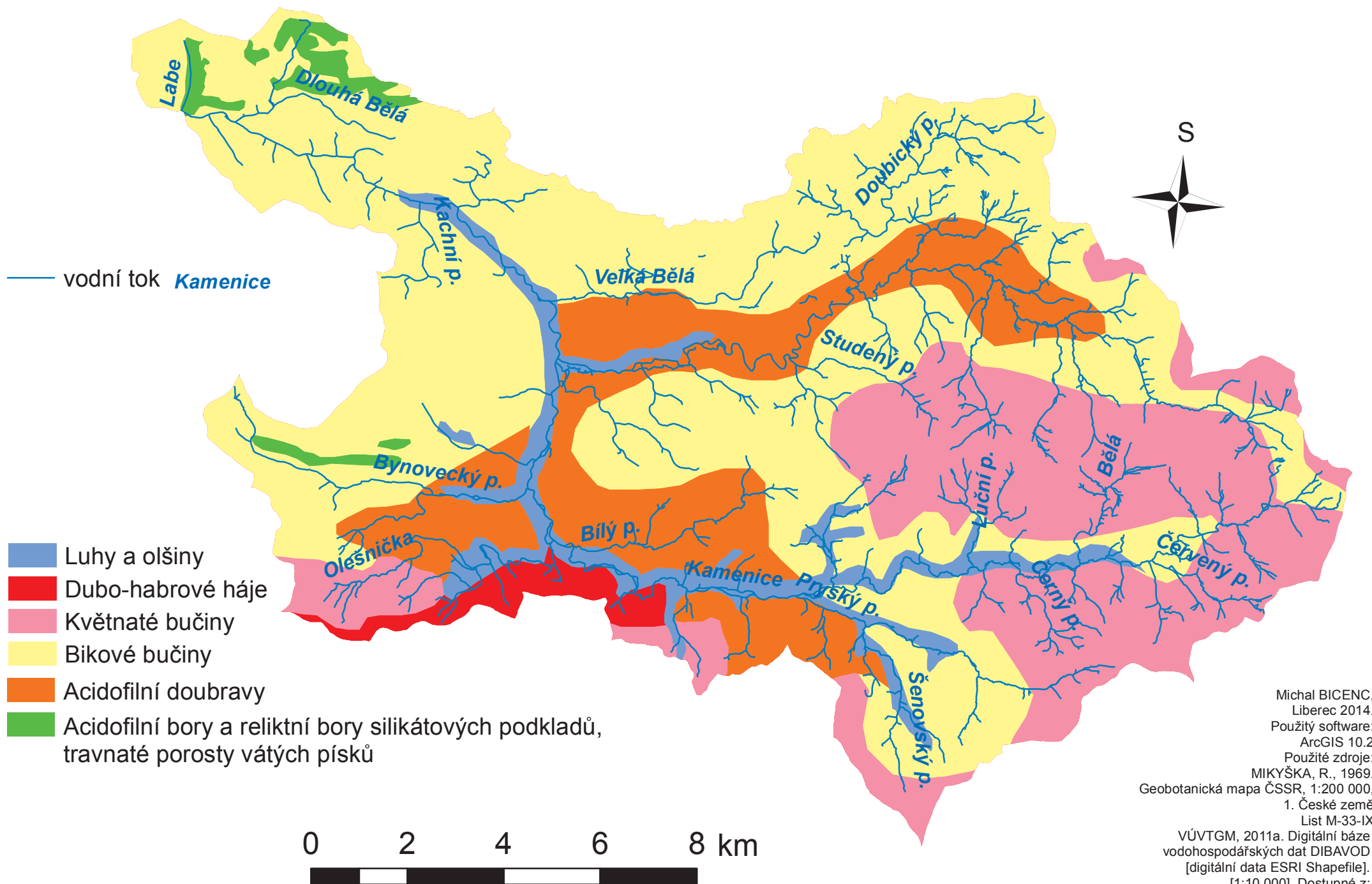
Příloha F:



BICENC Michal,
Liberec 2014,
Použitý software:
ArcGIS 10.2
Použité zdroje:

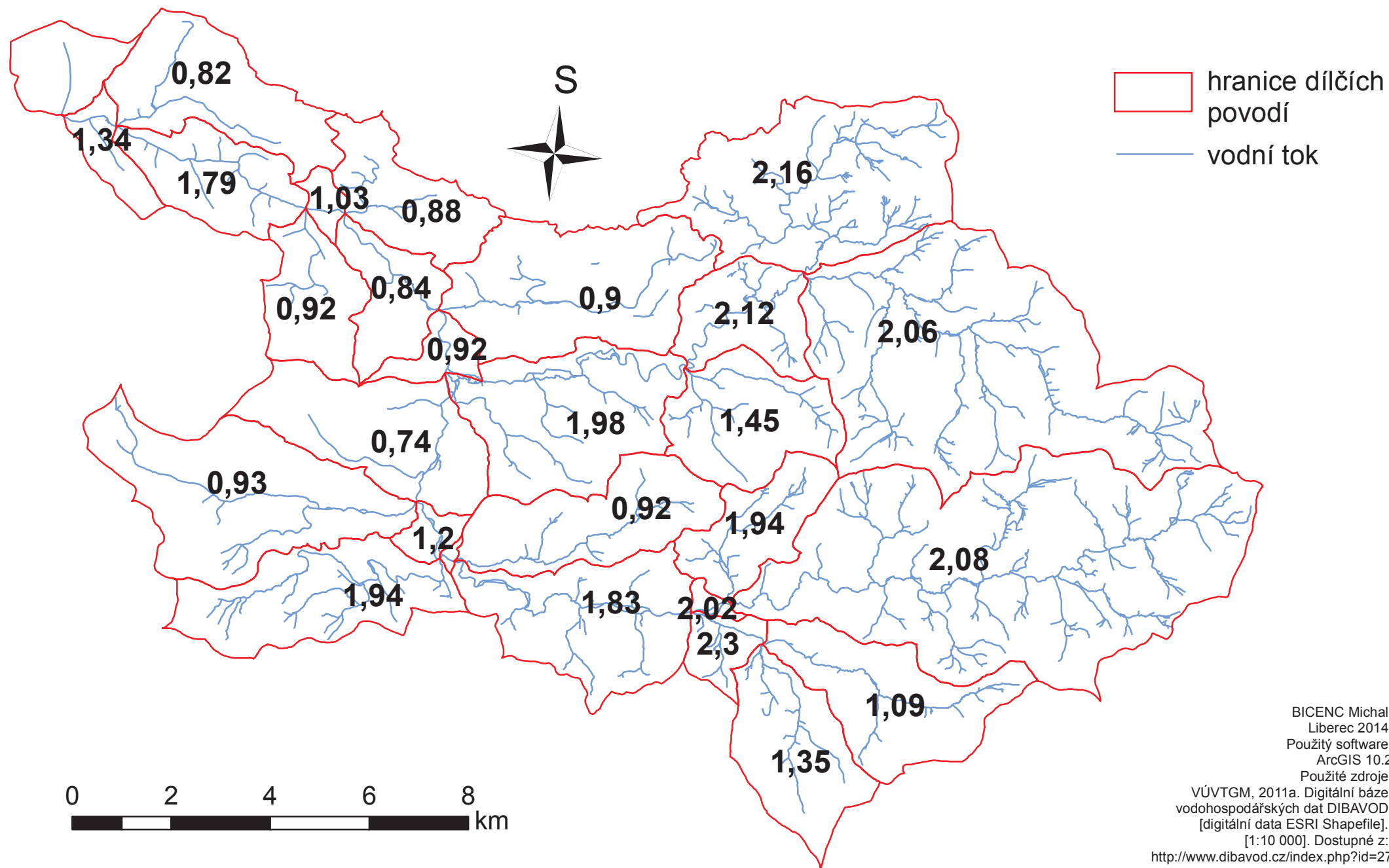
Arc ČR 500 ver. 3.0.
Praha: ARCDATA PRAHA, s. r. o.
VÚVTGM, 2011a. Digitální báze
vodohospodářských dat DIBAVOD
[digitální data ESRI Shapefile].
[1:10 000]. Dostupné z:
<http://www.dibavod.cz/index.php?id=27>

Příloha G: CHARAKTERISTIKA POTENCIÁLNÍ PŘIROZENÉ VEGETACE



Michal BICENC,
Liberec 2014.
Použitý software:
ArcGIS 10.2
Použité zdroje:
MIKYŠKA, R., 1969.
Geobotanická mapa ČSSR, 1:200 000,
1. České země
List M-33-IX
VÚVTGM, 2011a. Digitální báze
vodohospodářských dat DIBAVOD
[digitální data ESRI Shapefile].
[1:10 000]. Dostupné z:
<http://www.dibavod.cz/index.php?id=27>

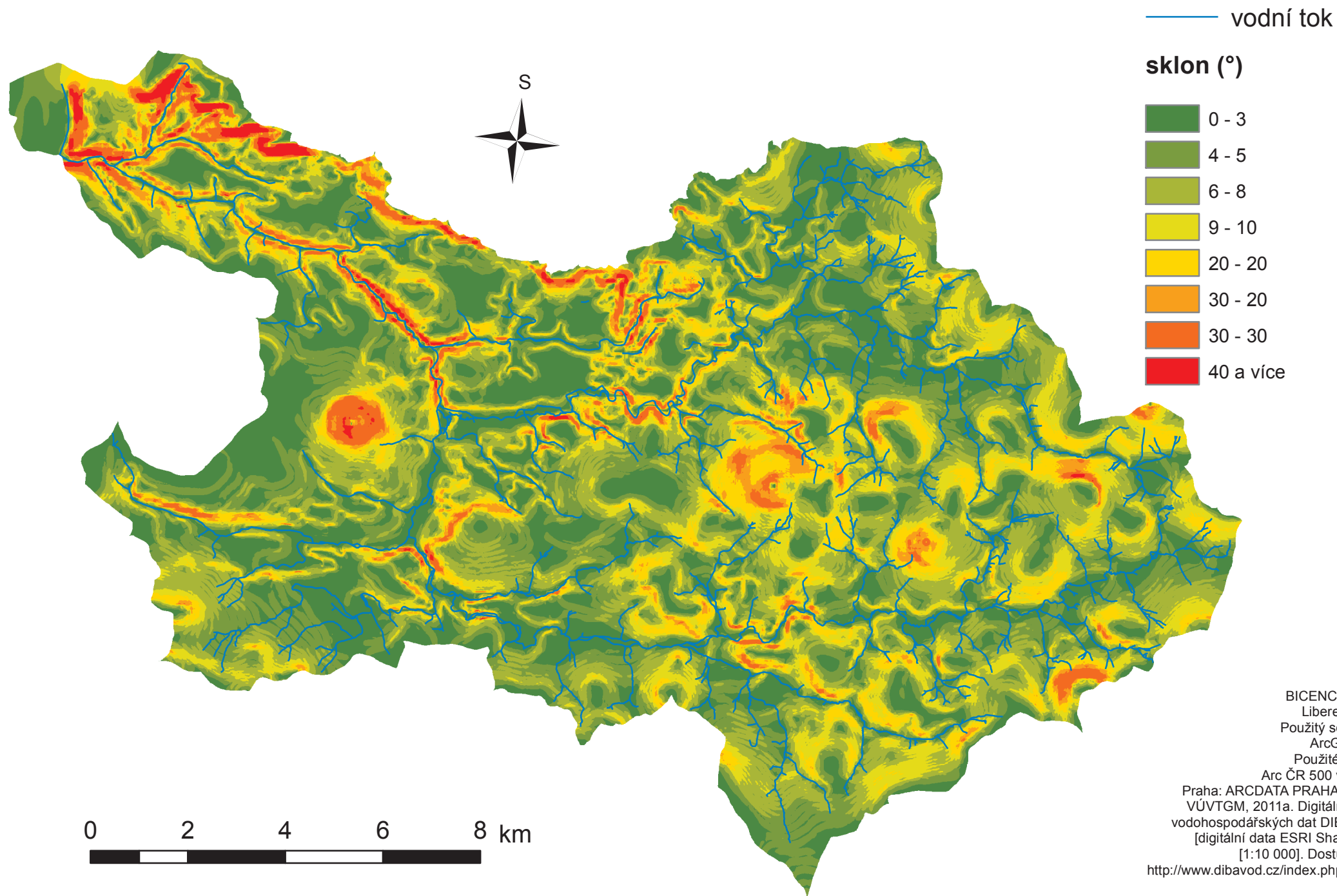
Příloha H: HUSTOTA ŘÍČNÍ SÍTĚ DÍLČÍCH POVODÍ (km/km²)



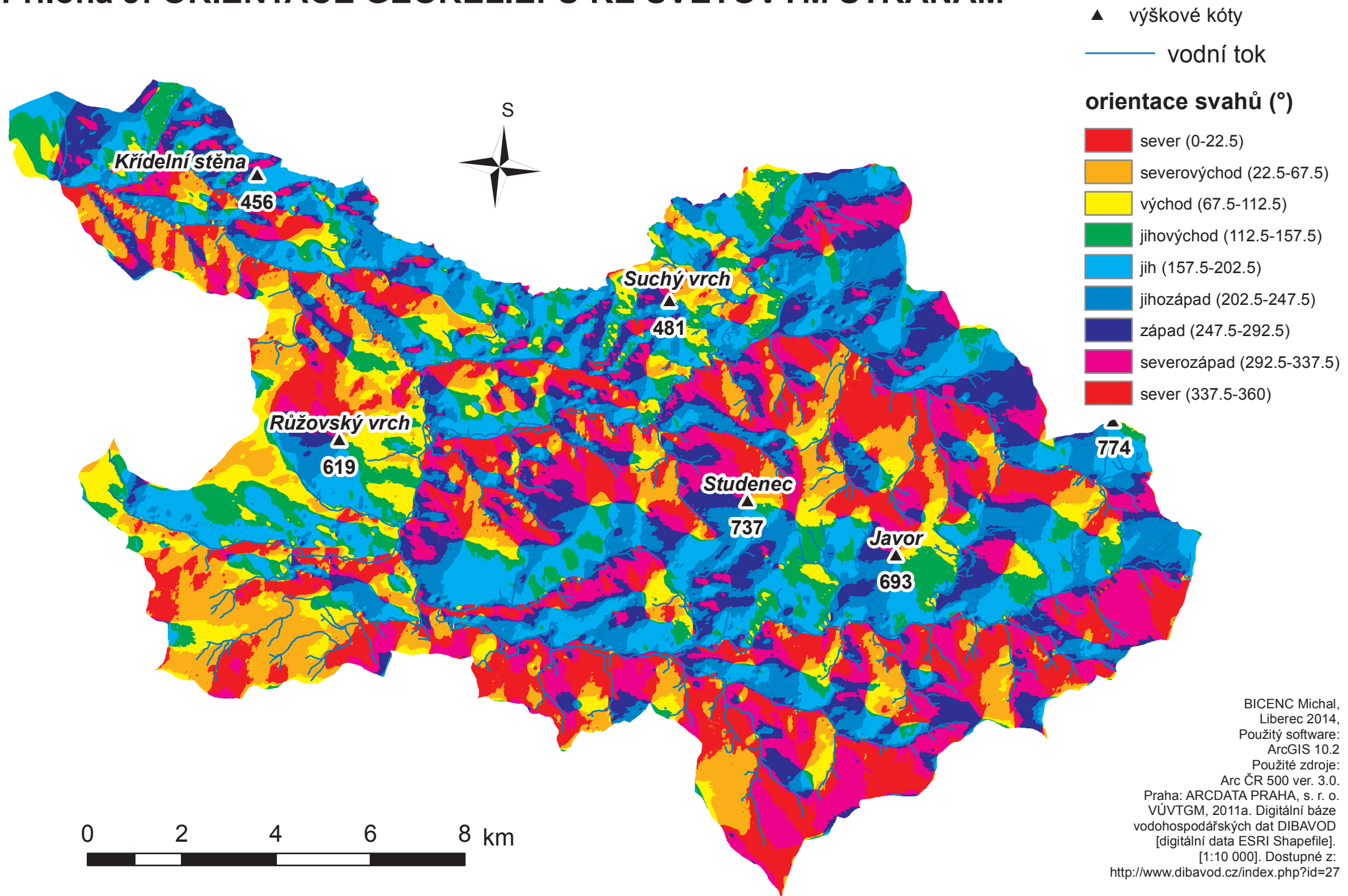
BICENC Michal,
Liberec 2014,
Použitý software:
ArcGIS 10.2

Použité zdroje:
VÚVTGM, 2011a. Digitální báze
vodohospodářských dat DIBAVOD
[digitální data ESRI Shapefile].
[1:10 000]. Dostupné z:
<http://www.dibavod.cz/index.php?id=27>

Příloha I: SKLONITOST ÚZEMÍ



Příloha J: ORIENTACE GEORELIÉFU KE SVĚTOVÝM STRANÁM



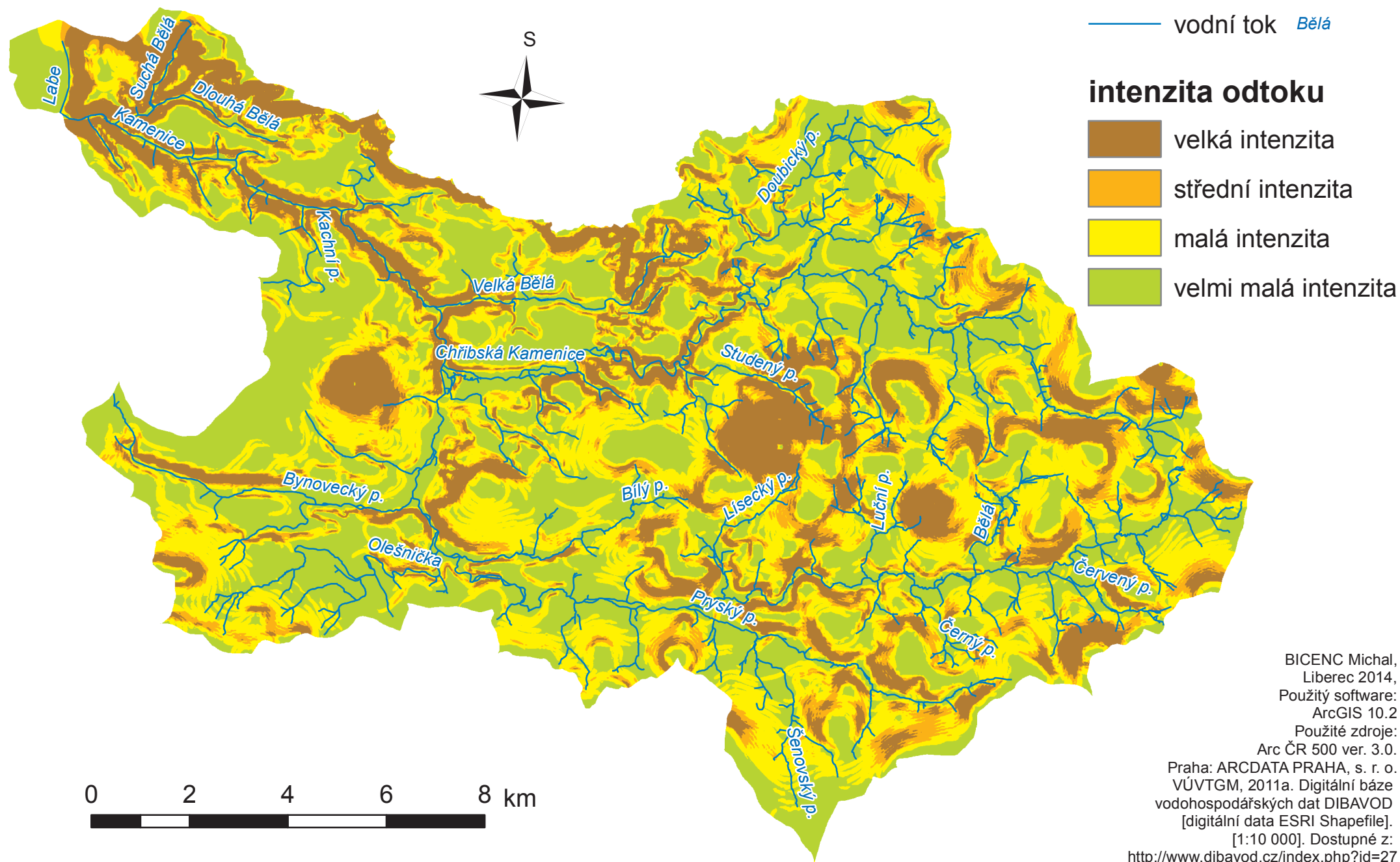
Příloha K

Roční chod srážek

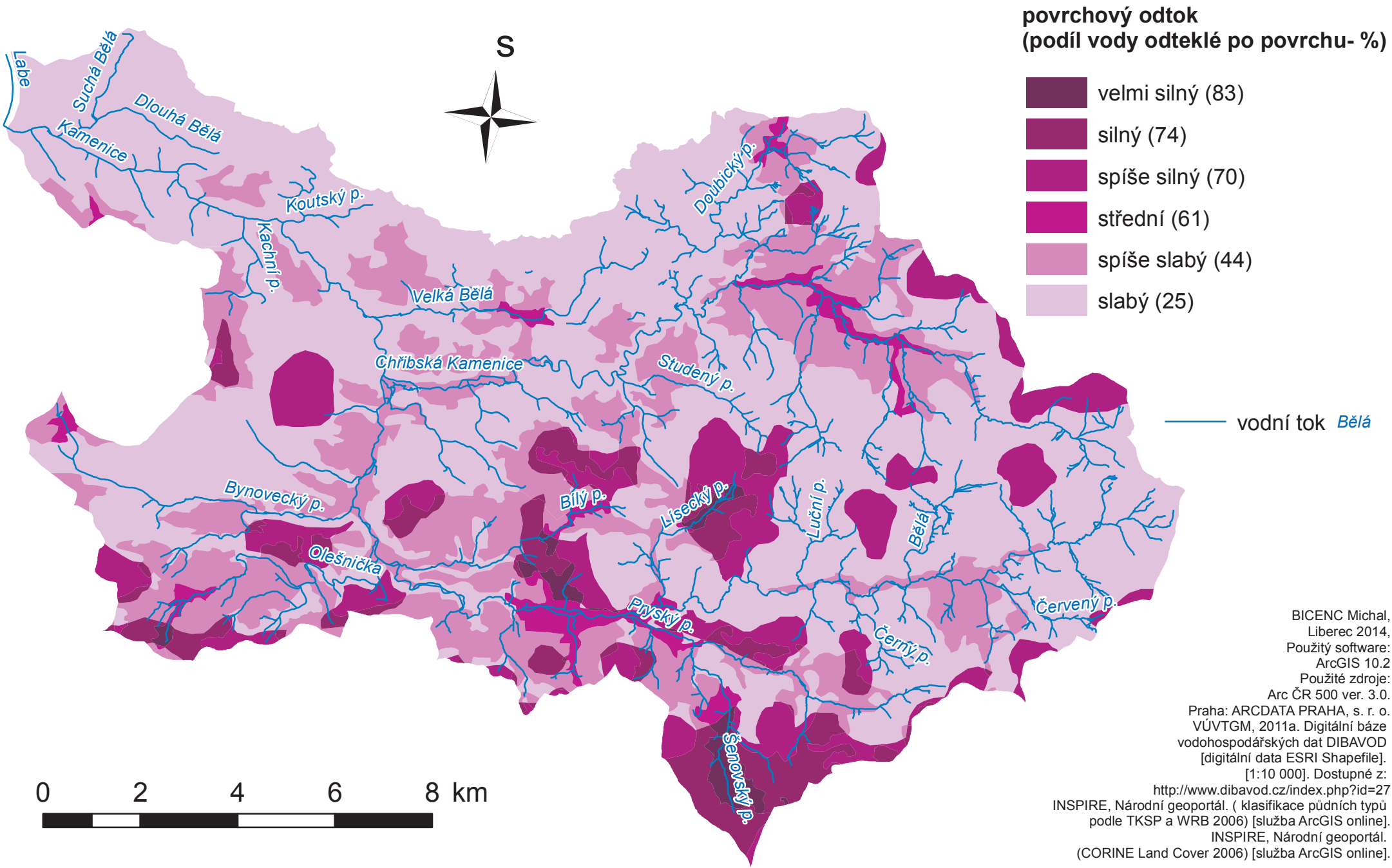
-stanoven z průměrných měsíčních úhrnů



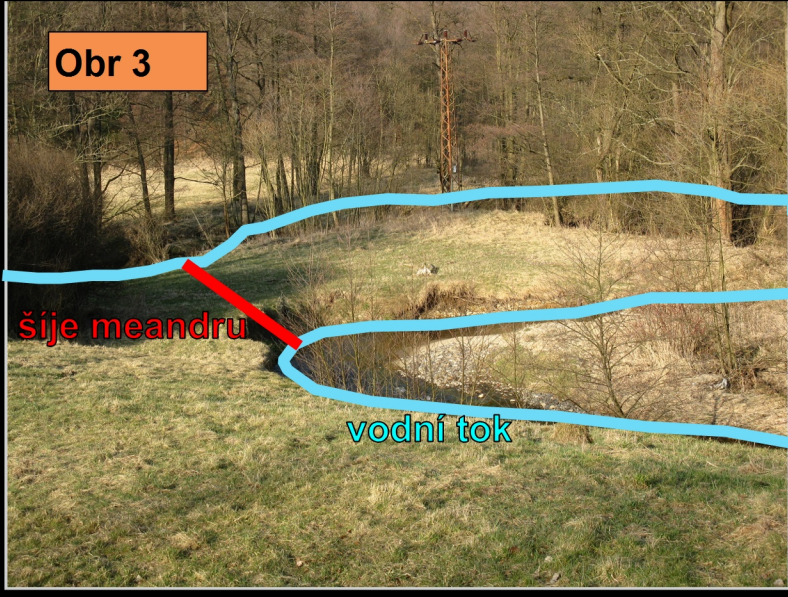
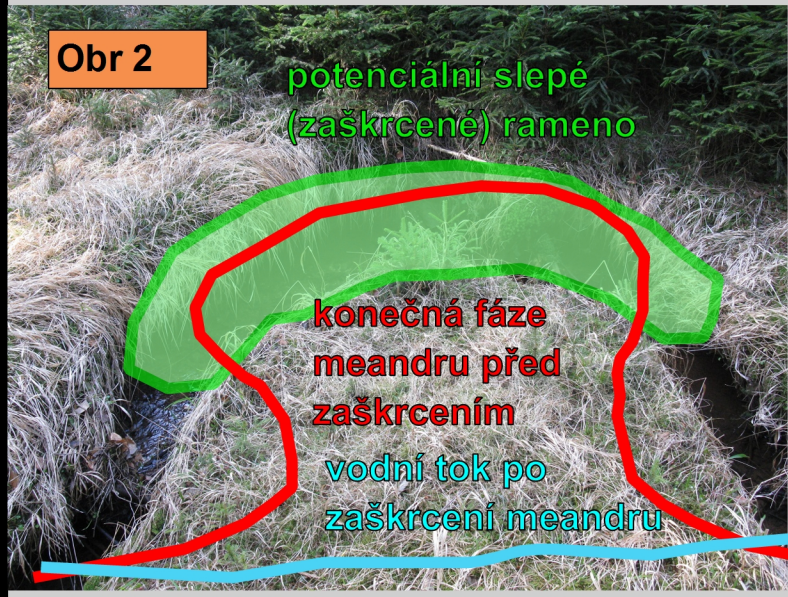
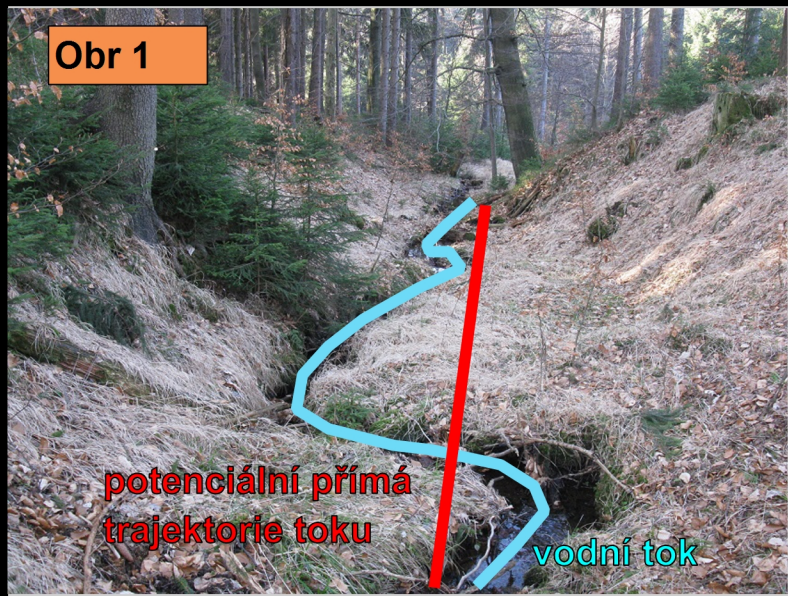
Příloha L: INTENZITA OVLIVNĚNÍ POVRCHOVÉHO ODTOKU- MODIKIKACE RELIÉFEM



Příloha M: INTENZITA OVLIVNĚNÍ POVRCHOVÉHO ODTOKU- MODIFIKACE KRAJINNÝM POKRYVEM A PŮDNÍM KRYTEM



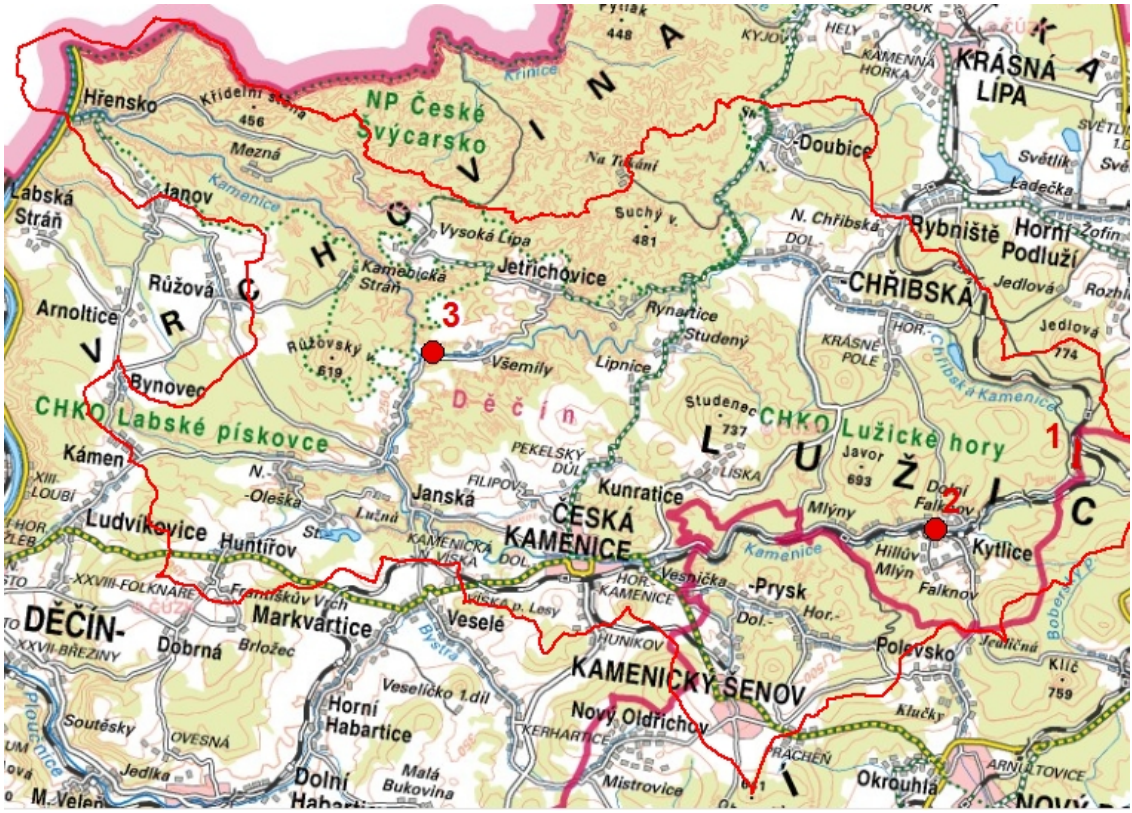
Vývojové fáze meandru



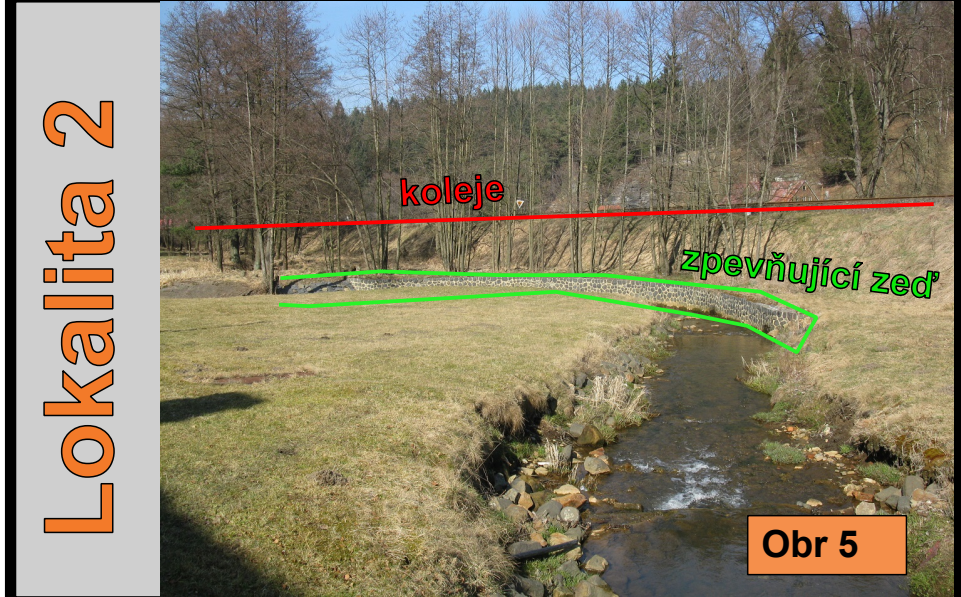
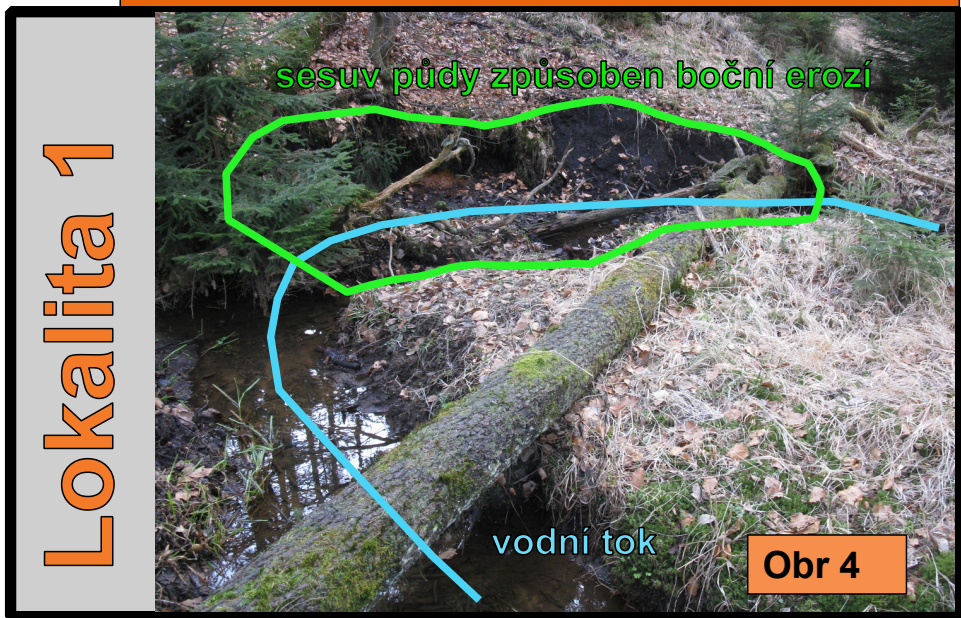
Lokalita 1

Lokalita 3

Terénní průzkum proběhl dne 13. 3. 2014. V rámci tohoto průzkumu byly mapovány fluvialní tvary v povodí Kamenice. Nejrozšířenějšími fluvialními tvary na Kamenici jsou zákruty, které se v mnohých případech dají kategorizovat jako meandry. Na obr 1 je k vidění prvotní fáze meandru, kdy tok začíná formovat koryto více boční erozí než hloubkovou. V případě zcela rovného koryta dochází k minimální boční erozi proudící vody. Na obr 2 je zákrut značně uzavřený, ale ještě se nedá označit jako meandr, další vývoj je vyznačen na snímku. Na obr 3 je zaznamenán meandr v lokalitě PP Meandry Chřibské Kamenice, kde je vidět nejužší místo meandru, tzv. šíje meandru, kde dojde v budoucnu k zaškrcení a tím k vytvoření slepého ramene. Na obr 4 je znázorněn sesuv půdy na konkávním břehu zákrutu. Na následujícím snímku je zachycena podpěrná zeď také na konkávním břehu. Tato zeď je k vidění u mnoha zákrut, kde řeka teče blízko silnice nebo kolejí. Typickým znakem pro meandry a pro říční zákruty je ukládání sedimentů u konvexního břehu. Jedná se o nanesený sedimentovaný materiál. Násep na snímku je tvořen hlavně z písku a větších kamenů. Snímek 5 také zachycuje meandr na Chřibské Kamenici. V přehledové mapě jsou zakresleny lokality pořízených snímků.

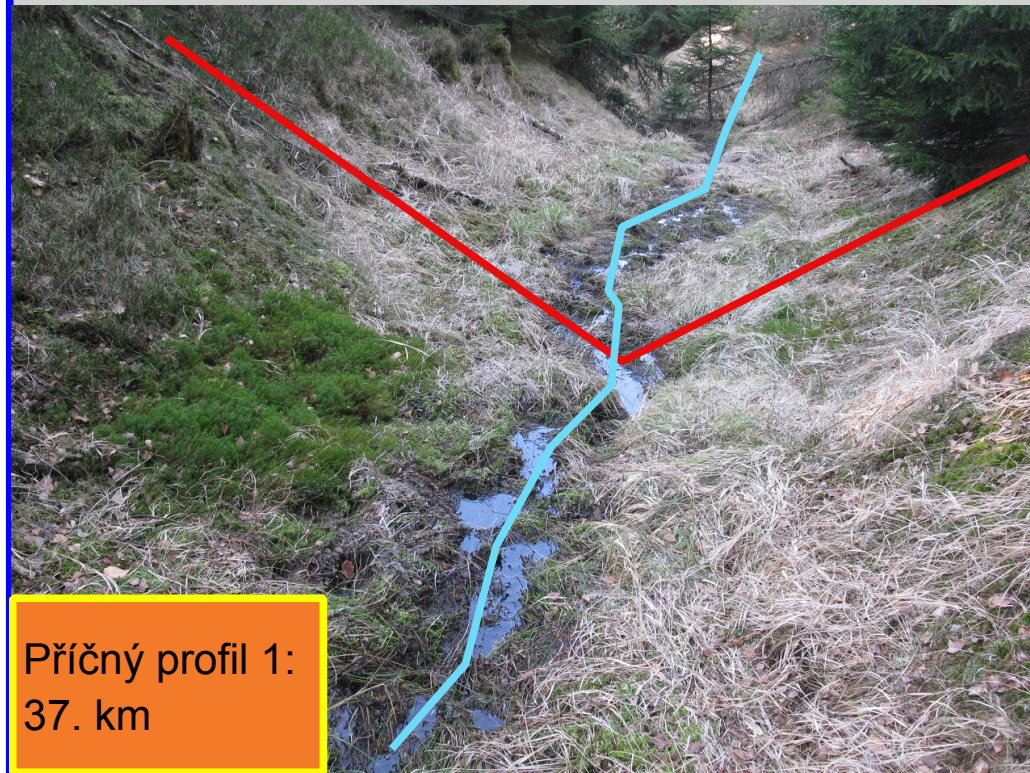


Erozní činnost tekoucí vody



Příloha O: Terénní průzkum 2: změna krajinného rázu během vývoje toku

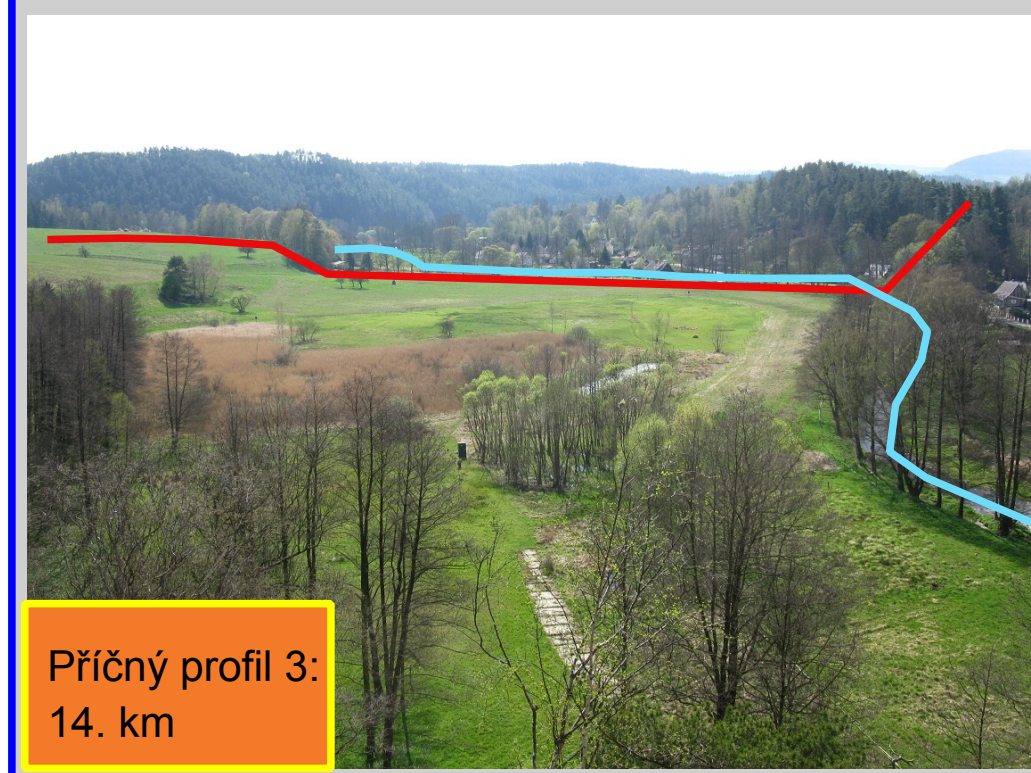
Jelení skála



Příčný profil 1:
37. km

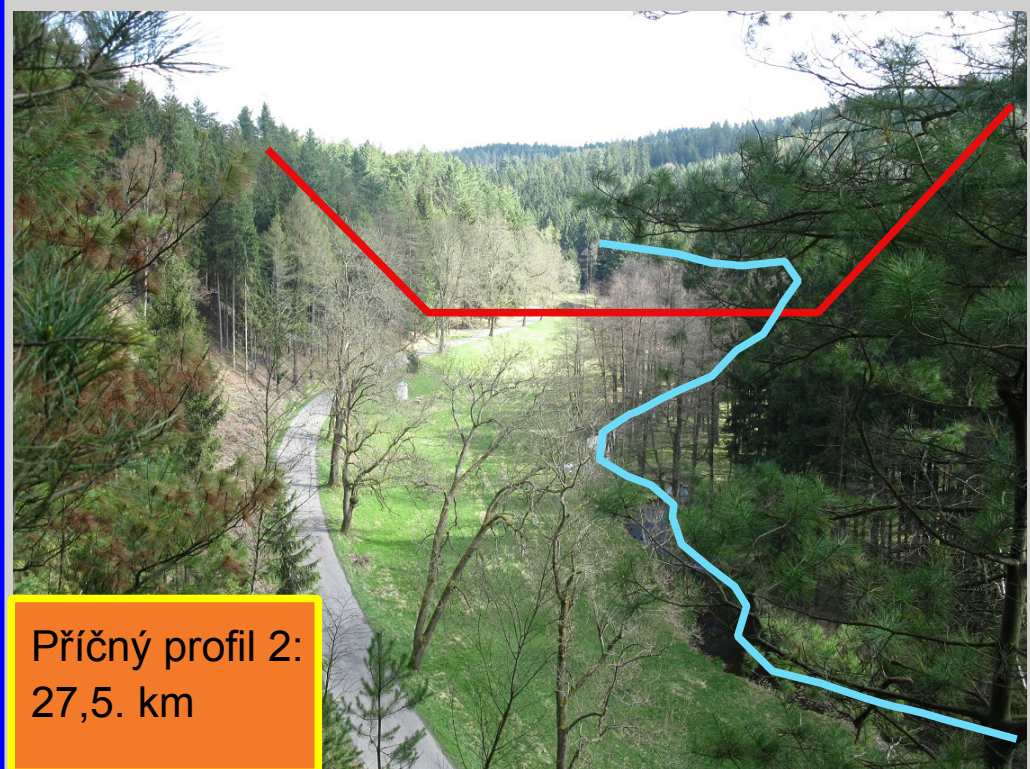
Terénní průzkum proběhl ve dnech 13. a 30.3. 2014 a byl zaměřen na změnu krajinného rázu na různých úsecích toku. Na základě studia mapy byly vybrány 4 lokality, kde se mění charakter údolí toku a byla zde pořízena fotodokumentace. Červená křivka na snímcích naznačuje přibližný tvar údolí, modrá pak ukazuje linii toku. V lokalitě Jelení skála je možné údolí charakterizovat jako údolí tvaru V. Zhruba po 4 kilometrech se řeka vlévá do neckovitého údolí (Mlýny). Neckovité údolí přechází za obcí Jánská do široké nivy, která se vyskytuje okolo obce Srbská Kamenice. Za touto obcí se řeka dosatává do krajiny kaňonů a soutěsek v Národním parku České Švýcarsko. Na linii ukazující tvar kaňonu lze vidět, že povrchový odtok v této lokalitě dosahuje maximální intenzity. V těchto kaňonech se vyskytuje řada obřích hrnců, tvarů vzniklých evorzní činností proudící vody (vířivá činnost).

Srbská Kamenice

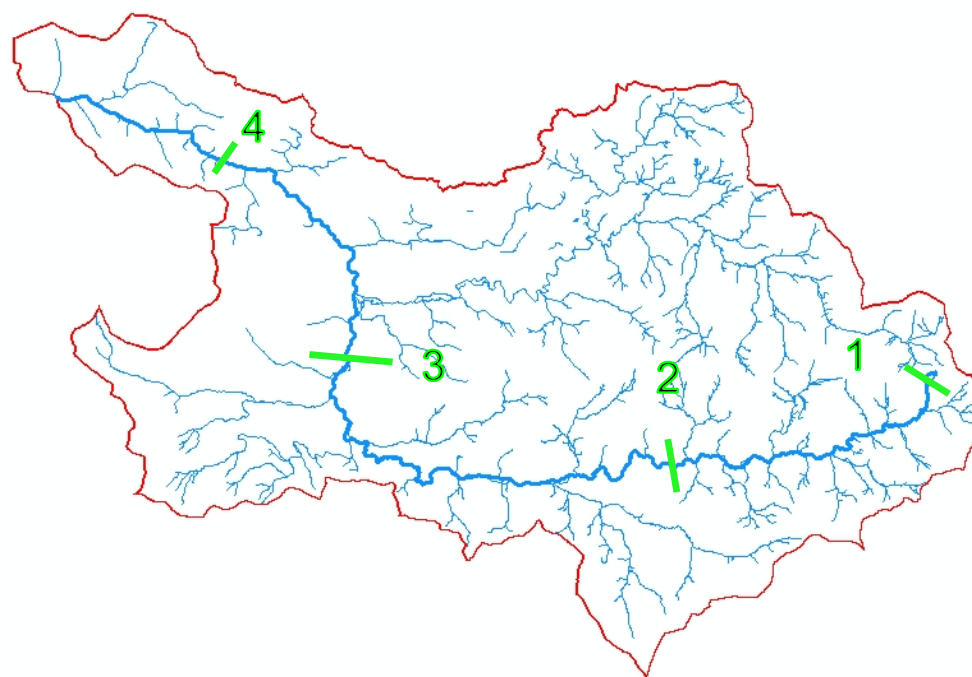


Příčný profil 3:
14. km

Mlýny



Příčný profil 2:
27,5. km



Divoká soutěska



Příčný profil 4:
5. km